TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 271-ABRIL-1957

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **EVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO	22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO..... ...	100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA...	14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42
TELEF. 47812-50129
LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 271 Abril de 1957

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

ADMINISTRADOR

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

SECRETÁRIO

RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

REDACTORES

JORGE AZEVEDO CIPRIANO

JOÃO MARTINS DE CARVALHO

LUÍS AIRES BARROS

MANUEL VAN'HOFF RIBEIRO

ORLANDO D'ALMEIDA PEREIRA

★

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	80$00	110$00

★

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

★

COMPOSTO E IMPRESSO

NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Montagem de dois reservatórios esféricos para gás butano, totalmente soldados, executados por «A Construtora Moderna, Ld.ª» e destinados à Sacor. Têm as seguintes características:

Diâmetro interior	12,5 m
Capacidade	1.000 m^3 cada
Peso aproximado de cada um	120 t
Espessura das chapas	26 29 mm
Pressão de serviço	7,5 Kg/cm^2
Pressão de ensaio	11,5 Kg/cm^2

Págs.

Cuidados a ter na construção das grandes pontes de betão armado
Pelo Eng.º Edgar Cardoso 403

Método gráfico para o estudo das classificações que precedem concentrações hidrogravíticas
Pelo Eng.º Alberto Cerveira 417

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 424

Limpeza de redes de esgotos. Dispositivos automáticos de descarga
Pelo Eng.º Armando Lencastre 425

Determinação colorimétrica do tântalo em presença do titânio
Pelo Eng.º Cecílio Eugénio Gracias 433

Cálculo da estrutura do casco resistente de um submersível
Pelo Eng.º António Afonso de Sousa Ribeiro Cazaes . . . 440

Determinação dos caudais pluviais urbanos
Pelo Eng.º Pedro Celestino da Costa 454

Sobre o planeamento racional de certos ensaios estatísticos correntes
Por M. A. Fernandes Costa 457

Método colorimétrico de dosagem do cobalto
Por Fraústo da Silva. 471

Do Mundo Técnico 475

Biblioteca 481

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Comercial, Ltd.ª XXXVII
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XII
A. Gestetner, Ltd.ª V
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXVI
Atlantic — Fábrica Lusitana de Tintas e Vernizes, Limitada XXXIII
António Baró XL
Auto Lusitânia XXVIII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª X

B

Blackwood Hodge IV
Bouhon & Irmão, Ltd.ª XXXVII

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XXIV
CAT XXIII
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VI
Companhia «Cimento Tejo» XXXVI
Companhia União Fabril XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XI
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VIII e XXXI

E

Edmond Dardel II
Electro-Arco, Ltd.ª XXX
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XVI
Empresa Electro Cerâmica VI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . XL
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Eng.º Augusto Cavaco XXXVII
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XXXV

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXII
Fábrica Portugal XLII

G

Guedes & Santos Silva, Ltd. XXXIX

H

Henriques & Castro, Ltd.ª XI
H. Vaultier & C.ª XXVIII

I

Pág.

INEL XXV
IST XXX

J

Jayme da Costa, Lda. XXI
J. B. Fernandes & C.ª, Lda. XX

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XIII

M

Mabor XXXIX
Manil XLIII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª X
Monteiro Gomes, Ltd.ª . XXXVIII e XLI

N

NIKEX XVII
Nordberg XXXIV

P

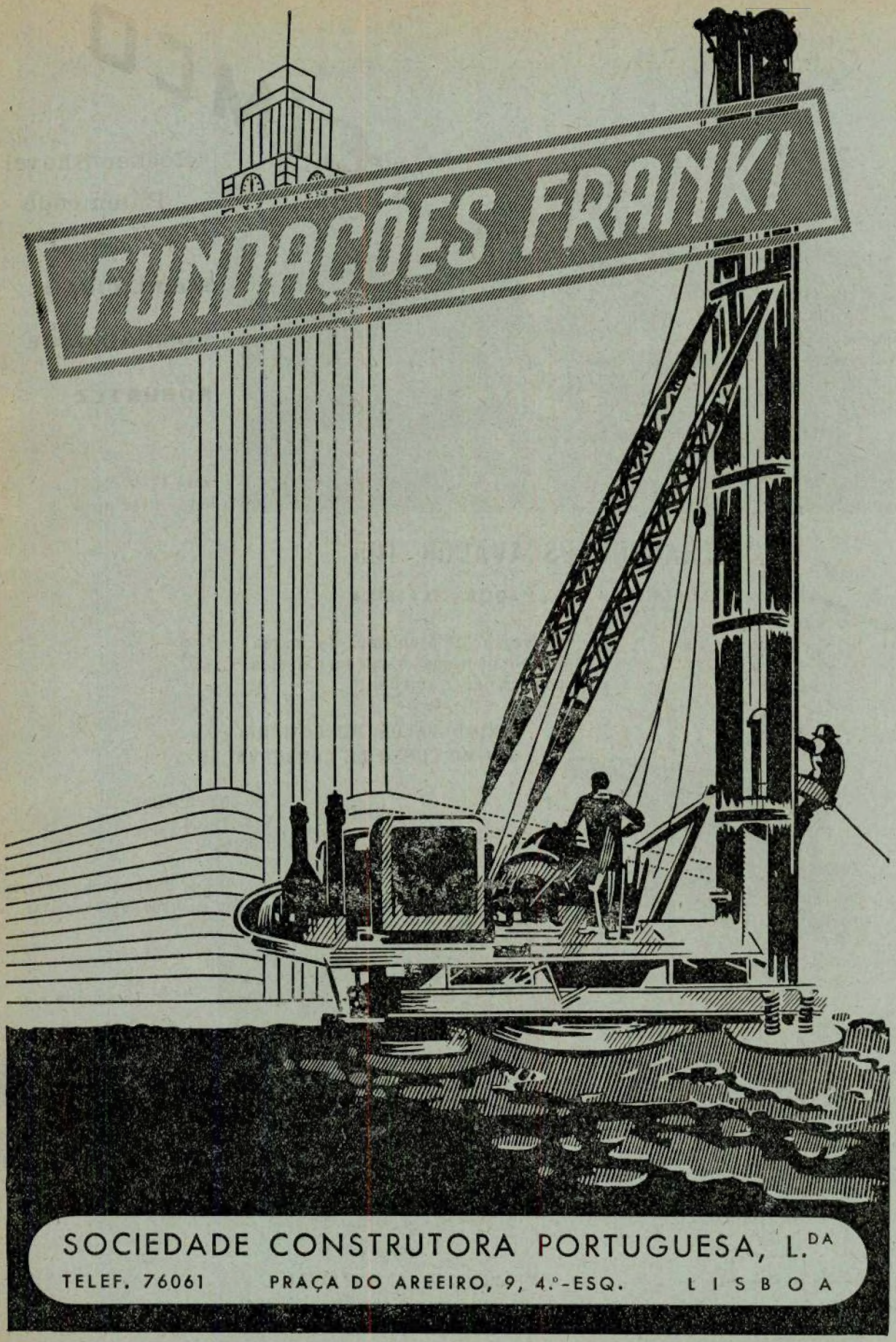
Papelaria Fernandes XIX
P. Bellasi XIV
Philips Portuguesa XXVII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

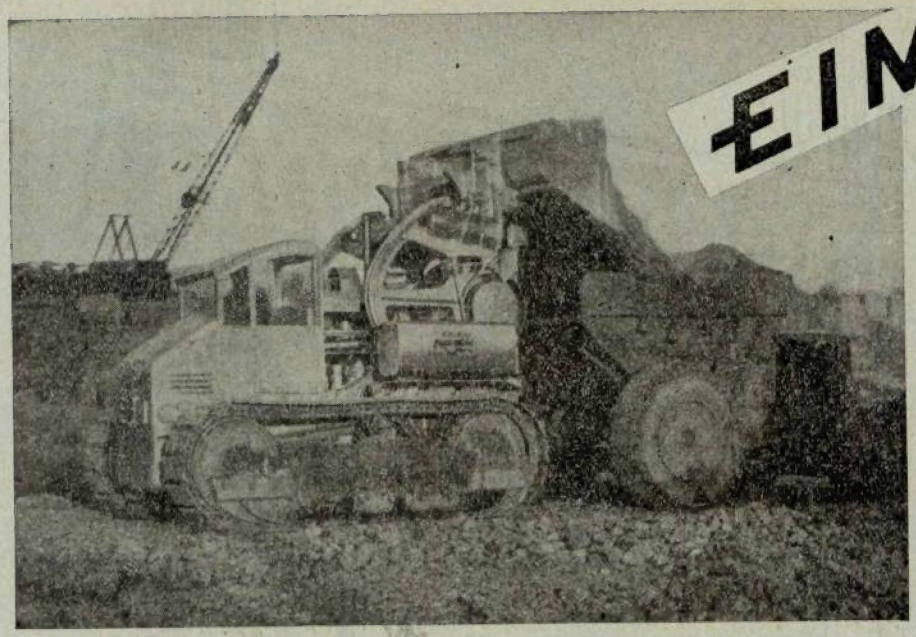
S

Schroeter e Almeida XXXVII
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XV
SKF XVI
SMEIA IX
Sociedade Avanço, Lda. XXX
Sociedade Comercial Luso-Columbia XXXVI
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª XXXIX
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XXII
Sociedade Portuguesa Cavan . . . . 2.ª da capa
Sociedade Técnica de Hidráulica . XXVII
Socotel . . . . . V e XXIX
SOMEC V
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXIX
SOPECATE XL
Standard Eléctrica VII

U

União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA



EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

TRACTOR ESCAVADOR 105

ATÉ AO

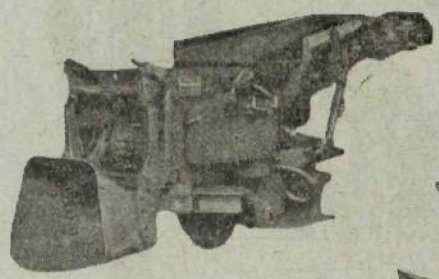
SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

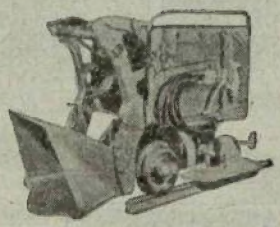
MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas



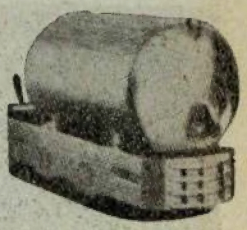
Modelo 40



Modelo 21

Modelo 12-B

Locomotiva a ar



TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

•

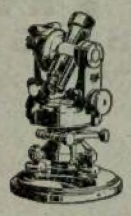
AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL

Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA

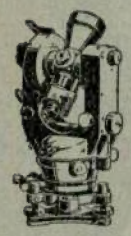
Telef. 4 2289

T. 12
Teodolito portátil

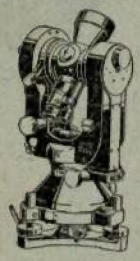


T. O
Teodolito-bússola

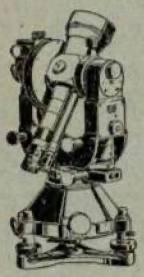
T. 16
Teodolito de leitura directa



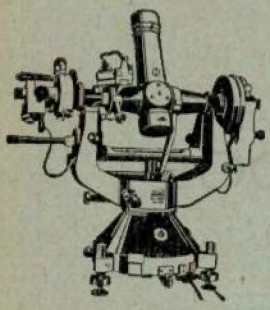
T. 1
Teodolito repetidor c/ micrómetro



T. 2
Teodolito universal



T. 3
Teodolito de grande precisão



T. 4
Teodolito astronómico

TEODOLITOS

WILD
HEERBRUGG

MÁXIMA PRECISÃO

DENTRO DE CADA CATEGORIA, ASSEGURADA PELAS SEGUINTES CARACTERÍSTICAS:

Robustez inexcedível, obtida pelo emprego dos materiais apropriados.
Óptica moderna, anti-reflectora, da mais alta luminosidade e poder separador.
Manejo simples, fácil e cómodo, desde a embalagem às rectificações.

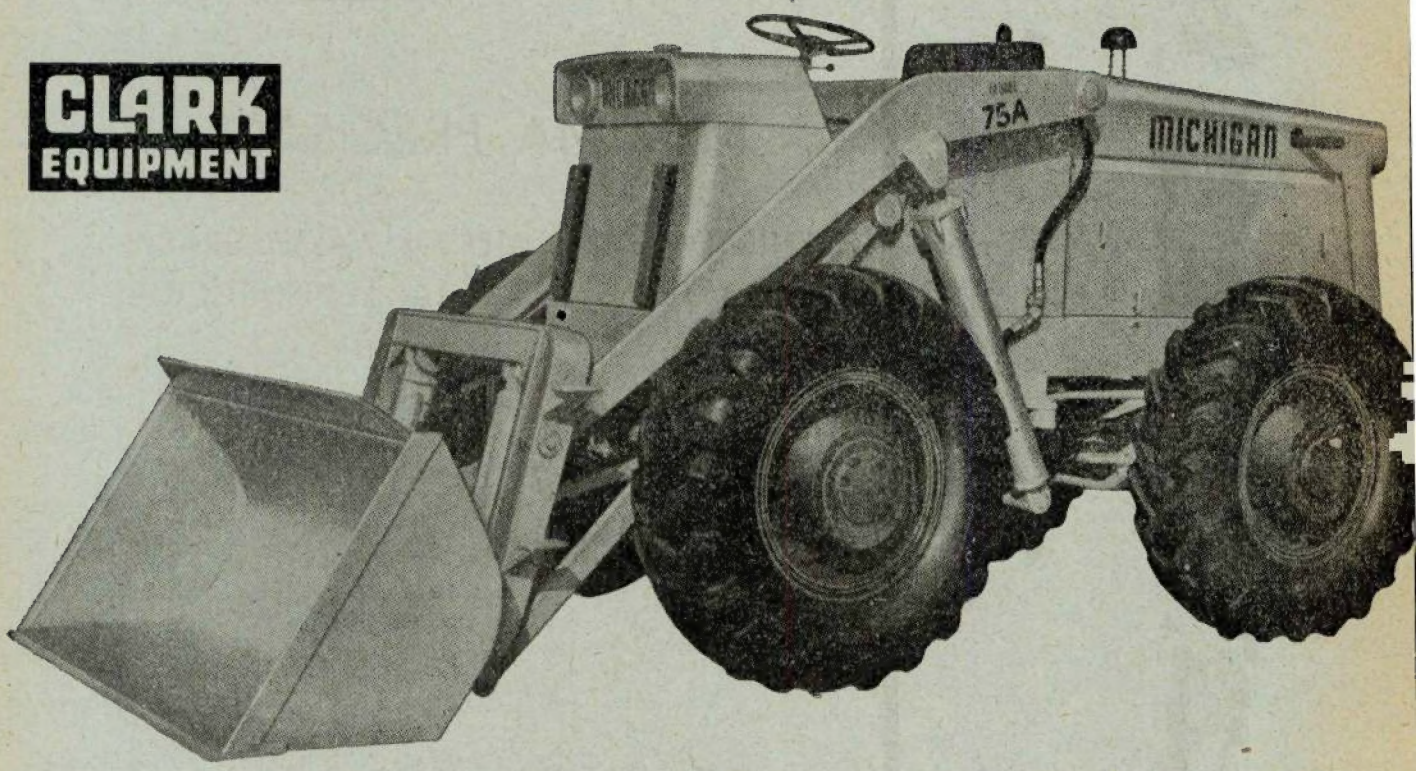
PREFERIDOS POR:

Inst. Geográfico e Cadastral
Serv. Geográficos do Ultramar
Câmaras Municipais
Missões Geográficas
Missões Hidrográficas
Missões Hidráulicas
Empresas Hidro-Eléctricas
Empreiteiros e Construtores

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75 — LISBOA
TELEFONE: 24314 • TELEGRAMAS: TECNA

tracto-carregado

CLARK
MIGHIGAN
U.S.A.



Mais «EXTRAS» são «STANDARD» no MICHIGAN do que em qualquer outro tracto-carregador.

- DOIS FARÓIS DIANTEIROS PLENOS DE LUZ
- MUDANÇAS DE TRANSMISSÃO SEMI-AUTOMÁTICAS
- CONVERSOR DE BINÁRIO — NÃO TEM EMBRAIAGEM
- MOVIMENTO DE BALDE INDEPENDENTE DA LANÇA
- CONTA HORAS DO MOTOR
- FILTROS DE ÓLEO PARA O MOTOR E CONVERSOR
- DOIS FARÓIS TRASEIROS
- DIRECÇÃO COM AJUDA HIDRÁULICA
- DESMULTIPLICAÇÃO NOS CUBOS DAS RODAS
- INDICADOR DA POSIÇÃO DO BALDE

Motor Diesel 80 CV. — Duas velocidades de trabalho e duas de marcha, quer para a frente quer para trás — direcção às rodas traseiras — todas as rodas motoras — pneus 14 : 00 × 24 tipo terraplanagem — balde de 1 jarda cúbica, etc., etc.
Tudo isto torna o Michigan no campião de todos os tracto-carregadores de rodas ou de lagartas.

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS :

BLACKWOOD HODGE

AV. ALMIRANTE REIS, 247 — LISBOA

Telef. 72 59 48 - 72 59 84

DUPLICADORES

Manuais e eléctricos

Gestetner

OS MELHORES DO MUNDO

A GESTETNER, L.DA

RUA DA CONCEIÇÃO, 125 Telefone 2 2628 - LISBOA | LARGO DO PADRÃO, 20, 1.º Telefone 2 3459 - PORTO

Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, L.da

SOMEC

R. da Madalena, 163 — Lisboa Telefone 32795/6

Sondagens

Fundações

Betão armado

Trabalhos marítimos

Túneis

no Continente e Ultramar

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

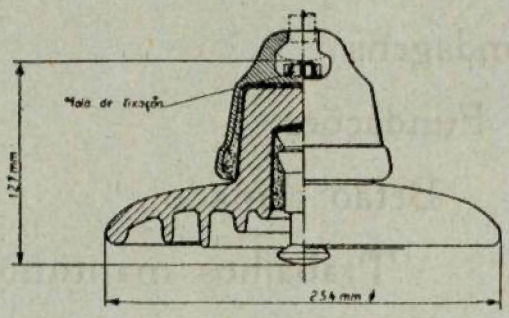
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado: 4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

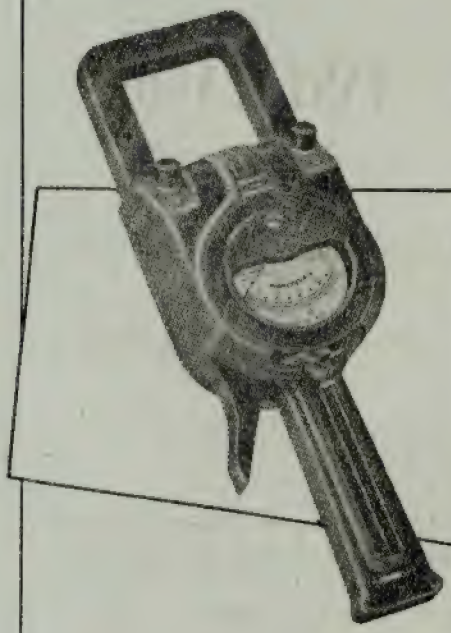
●

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 63 81 71/6

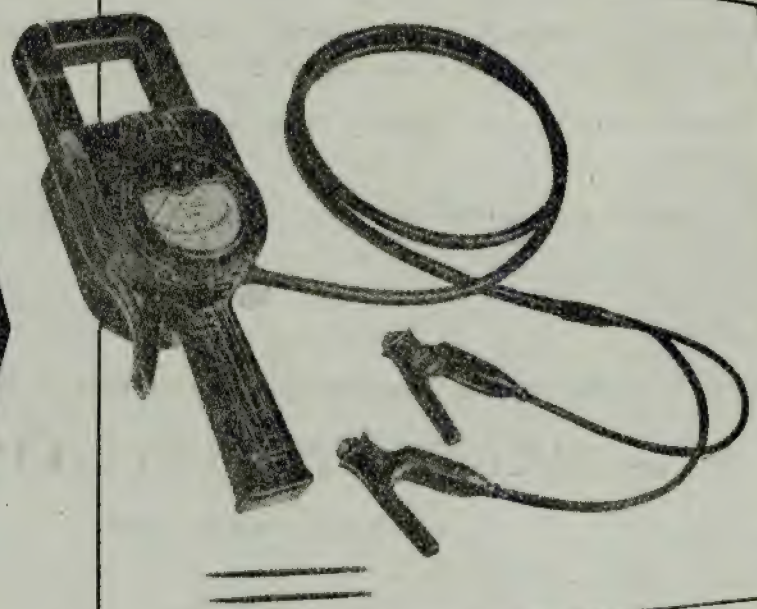
PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 — 10 AMPS.	0 — 150 V
0 — 25 »	0 — 600 »
0 — 100 »	
0 — 250 »	
0 — 1000 »	



PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 — 3 KW
0 — 6 »
0 — 12 »
0 — 30 »
0 — 60 »
0 — 120 »
0 — 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

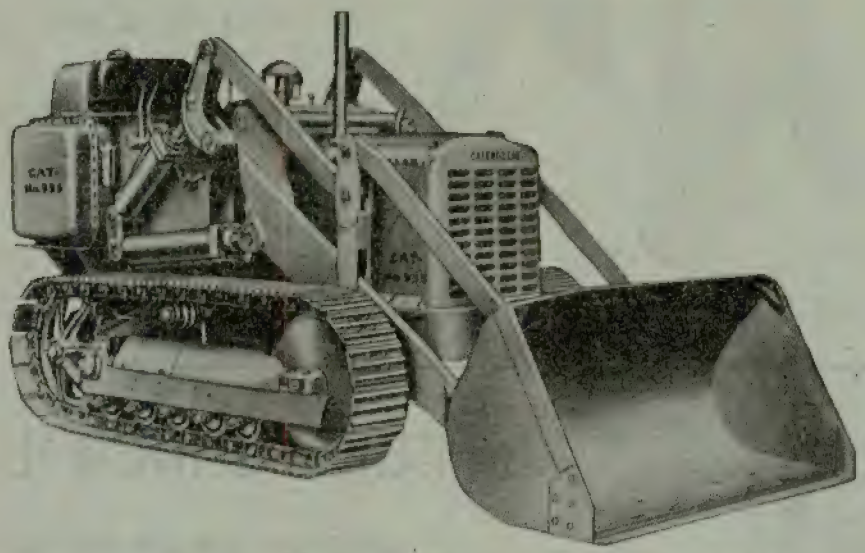
DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

CATERPILLAR

MARCA REGISTADA

Pá escavadora-carregadora, com balde de 1 Cu. Yd. (0,76 m³)
e motor **CATERPILLAR** de 50 H. P.

Alta qualidade de fabrico • Os mais elevados rendimentos
Reduzidas despesas de conservação



Pá escavadora-carregadora Modelo «Traxcavator N.º 933»

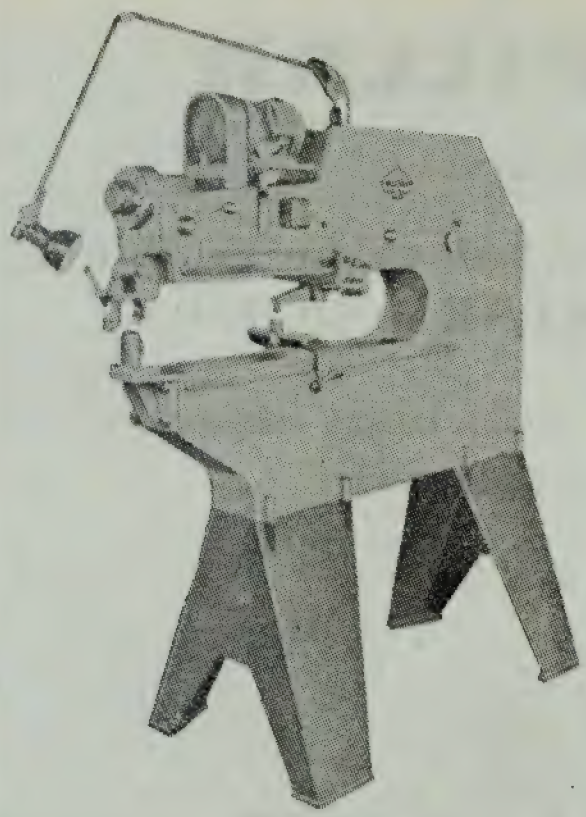
Peça informações e uma demonstração ao agente exclusivo

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA

S. A. R. L.

Avenida P. Manuel da Nóbrega, 8-B + Telef. 72 40 53-4-5 + LISBOA



TESOURAS UNIVERSAIS «TRUMPF»

para trabalhar chapa até 9 mm, em aço inoxidável, cobre, alumínio, etc.

APLICAÇÕES ESPECIAIS

Faz recortes interiores de qualquer perfil, sem perfuração Nervura, embute e reborda, etc.

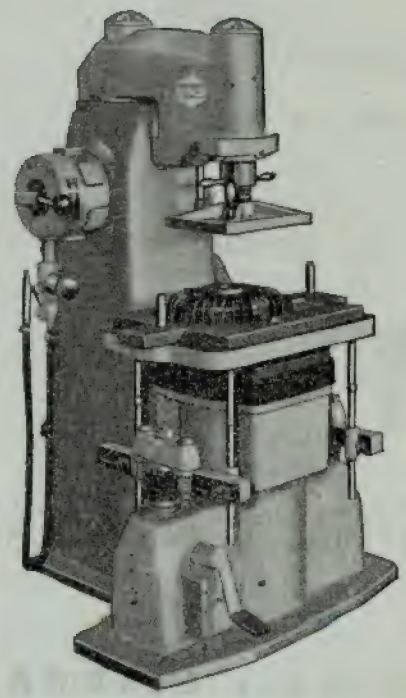
INDISPENSÁVEL EM SERRALHARIAS CIVIS, ESTALEIROS NAVAIS, FÁBRICAS DE CARROCERIAS, MÓVEIS, ETC.

ENTREGA IMEDIATA

MÁQUINAS DE PRECISÃO, L.DA

(Eng.º J. d'Arriaga de Tavares)

LISBOA	PORTO	LUANDA
R. Boa Vista, 45-49	R. Sá da Bandeira, 629	Rua Direita, 148



BADISCHE MASCHINENFABRIK A. G.

KARLSRUHE - DURLACH — ALEMANHA

INSTALAÇÕES COMPLETAS PARA FUNDIÇÕES

ESTUDO DE PROJECTOS

REPRESENTANTES

AZEVEDO & PESSI, L.DA

Rua Nova do Almada, 46 — LISBOA

Telef. 20354 - 24495 - 29879

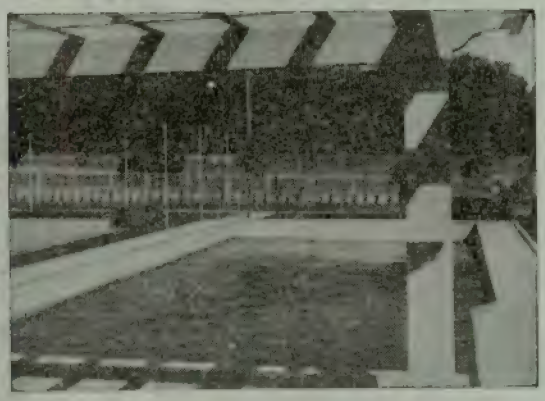
PISCINA DO HOTEL ATLÂNTICO
ESTORIL

PETRIFICANTE E HIDRÓFUGO

Á BASE DE CIMENTO

CEMPEXO

PISCINA EM CARCAVELOS



PINTURAS

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96 LISBOA

TELEF. 775057-775058

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA
Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES

BETÃO ARMADO

OBRAS PÚBLICAS

Torre do Edifício da Alfândega de Luanda
Execução com moldes deslizantes «Prometo».
Altura total de deslize: 30 metros.
Duração do desliz : 5 dias e 20 horas.

Pour le premier réseau Français

à 400 kV

Au départ de GÉNISSIAT un groupe de transformation

SAVOISIENNE

de 300 MVA

Groupe de transformation triphasé de 300 MVA constitué par 3 autotransformateurs monophasés de 100 MVA, 1 unité identique demeurant en réserve.

Couplage triphasé 380 kV ± 5 %/225 kV
Enroulement BT 30 MVA, 10,5 kV

Un des quatre appareils aux essais

SAVOISIENNE

USINES A
AIX-LES-BAINS (Savoie) et FOURCHAMBAULT (Nièvre)

Ateliers de Construction de Transformateurs
de la Compagnie Générale d'Electricité, de Paris

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Cortes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico

OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Grupo de alternadores de 13.000 e 6.500 kVA, 750 rot/min. na central de Fätschbach, Glaris (Suíça), da Nordostschweiz Kraftwerke A. G., Baden.

P. BELLASI

Rua Sá da Bandeira, 494-3.° • Telefone 21968 • PORTO

Representante geral para Portugal e Ultramar dos

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON • ZURICH 50 • (SUÍÇA)

TÉCNICA

DIRECTOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
ADMINISTRADOR: CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
SECRETÁRIO: RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

Ano XXXII - N.º 271 Abril de 1957

C. D. U. 624.624

Cuidados a ter na construção das grandes pontes de betão armado

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) EDGAR CARDOSO
Prof. do I. S. T.

Trabalho apresentado no V Congresso Internacional de Pontes e Estruturas

1 — INTRODUÇÃO

Dum modo geral o engenheiro projectista, quer demasiado influenciado pelas operações analíticas ou por processos especiais de cálculo, quer pela sua pouca experiência da construção, dimensiona as obras que concebe sem ter em conta alguns dos importantes esforços que se geram durante as diferentes fases de execução, como se elas fossem por magia construídas de um jacto e só entrassem em funcionamento depois de completamente prontas e descimbradas.

Por outro lado, o empreiteiro, por justificados motivos de interesse material, tem a natural tendência de levar àvante da forma mais económica a construção que lhe foi adjudicada sem se importar com as hipóteses de que o autor do projecto se serviu para base dos seus estudos, para ele até a maior parte das vezes desconhecidas.

Evidentemente que não deverá ser assim.

Logo após algumas horas da primeira betonagem o betão ganha forma própria e começa a ser solicitado. Todos os engenheiros o reconhecem e desde os bancos da escola técnica onde se diplomaram ouviram as razões pelas quais é necessário verificar a estabilidade das construções à medida que estas se vão desenvolvendo, a que não é estranho a variável tempo, pois são, de resto, os próprios regulamentos a exigi-lo.

Todos os construtores sabem também que uma betonagem que não siga um plano devidamente estudado, que um cavalete mais deformável ou uma interrupção dos trabalhos são a causa de uma, por vezes completa, alteração das tensões calculadas.

Ora, se tais factos, de uns e outros conhecidos, não têm importância na maioria das obras correntes, o mesmo não se poderá dizer das construções de grande volume em que, por exemplo, as cargas permanentes provocam estados de tensão bem superiores aos das sobrecargas de serviço ou em que os esforços da retracção diferencial chegam a provocar a própria rotura do material.

Assim, se uma viga contínua for betonada dos apoios para o meio dos vãos poderá acontecer que à medida que a betonagem vai progredindo, vá o cavalete por seu turno sofrendo deformações que levem o betão já endurecido a absorver uma grande parte das cargas que realmente competiram à obra provisória de apoio. Resultará um maior valor para os momentos flectores nos apoios e uma acentuada redução nos vãos relativamente aos que corresponderiam ao cálculo da viga contínua ideal.

Uma outra ordem de betonagem poderá certamente originar alterações em sentido inverso.

Um pilar de grande largura com a betonagem

interrompida por algum tempo em certa junta estará sem dúvida predisposto a fissurar no betão mais jovem, perpendicularmente à junta, dado que este contrairá, por efeito de presa, enquanto que o que lhe serviu de apoio já havia contraído na sua maior parte.

Estas considerações são suficientes para só por si justificarem o maior cuidado na elaboração do projecto das grandes obras de betão armado e das disposições que devem ser adoptadas na construção para que exista perfeita correspondência entre a concepção analítica e a materialização dos cálculos. É destes problemas que vamos tentar dar uma ideia através de casos concretos e de que somos responsáveis, total ou parcialmente, pelos defeitos a seguir assinalados.

2 — BETONAGEM E O FUNCIONAMENTO PREMATURO DA CONSTRUÇÃO OU DOS SEUS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

Um elemento estrutural de grandes dimensões não pode ser betonado duma só vez e instantâneamente. Há pois que fraccioná-lo, mesmo na hipótese de betonagem contínua.

Ainda outro caso se apresenta: o das estruturas formadas pela associação de vários elementos que não podem ser executados simultâneamente

2.1 — Betonagem por camadas

Neste caso, de betonagem por camadas sobrepostas, é necessário garantir que as camadas já endurecidas não entrem em funcionamento prematuro, o que será difícil de conseguir ou, melhor ainda, que possam resistir eficazmente aos esforços gerados.

O *arco* (ou abóbada) executado por camadas sobrepostas (Fig. 1-a) terá que receber as sucessivas camadas sem que as anteriores sejam fechadas. Executando primeiramente o intradorso, depois a alma e finalmente o extradorso, mesmo «corrigido» o arco, de forma alguma poderá trabalhar como um único monolito resistente para o seu próprio peso como se ele fosse de material homogéneo e só entrasse em funcionamento depois de completamente executado. Mesmo que não existisse contracção diferencial ter-se-ia de admitir que a primeira camada estivesse já solicitada por parte do seu próprio peso e da segunda camada e que estas duas suportariam, em parte,

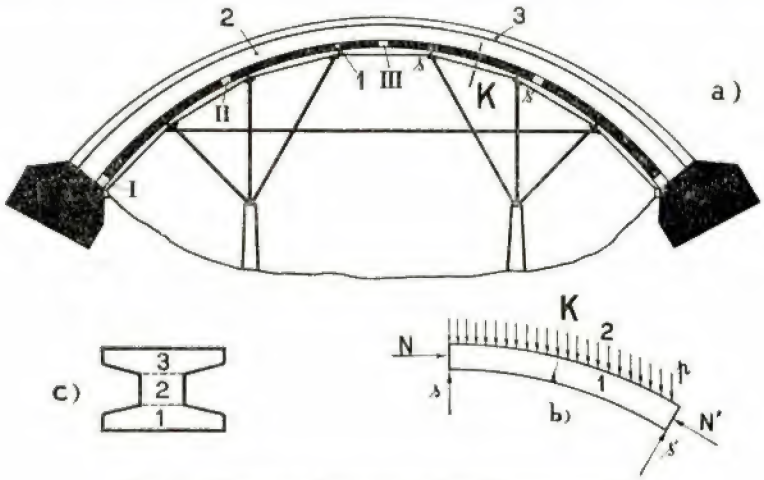


Fig. 1 — Esquema dum arco betonado por camadas

No caso particular das pontes — mais geralmente o arco e o tabuleiro vigado — duas técnicas principais podem ser usadas:

betonagem por camadas sobrepostas;

betonagem a toda a altura dos elementos resistentes e em fracções do comprimento.

a terceira camada, em condições extremamente difíceis de precisar.

E, se o cimbre tem apoio suficientemente espaçados haverá que garantir que entre esses apoios ss' (Fig. 1-a) a deformação da cambota não provoque, nas débeis camadas endurecidas, flexões exageradas pela actuação do seu próprio peso e em particular pelo peso do betão fresco.

De facto, se fecharmos as juntas, I, II, III . . . antes de lançarmos o betão da 2.ª camada ao executar-se esta, passará a primeira a ser solicitada pois é de admitir que o cimbre por ser mais deformável absorva apenas uma pequena fracção da carga do 2.º anel. Por melhor que se pense corrigir os esforços do arco, dado que a correcção não poderá provocar o deslisamento das camadas, há-de fatalmente haver fortes tensões no intradorso em benefício do extradorso, resultando o imperfeito funcionamento da estrutura. Mas se não executarmos as juntas I, II, III . . . então, não existindo o impulso parcial N e N' (Fig. 1-b) pode dar-se o caso do troço entre escoras s e s' trabalhar à flexão sob a acção do peso p da camada 2, a ponto de romper por não possuir armaduras adequadas. Ao fugir-se dum perigo poder-se-á cair, portanto, num perigo maior.

Seja agora o caso duma *viga contínua* (Fig. 2). Ao betonar-se a camada 3 sobre as camadas já endurecidas 1 e 2 estaremos a colocar cargas sobre uma viga resistente que evidentemente só transmitirá os seus efeitos ao cavalete depois de partir, dado que uma viga de grande altura tem deformações desprezíveis relativamente ao cavalete. A meio dos vãos natural é que a viga resista por existirem armaduras suficientes mas nos apoios só não se dará a rotura se nas camadas 1 e 2 existirem fortes armaduras de tracção, o que nem sempre é previsto por quem projecta. Uma destas fendas foi notada na betonagem assim estabelecida no primeiro apoio da ponte do Vale da Ursa, ponte que se representa na Fig. 3. Verificada a deficiência do projecto no que se refere à distribuição das armaduras de tracção nas zonas sobre os apoios e alterado o plano de betonagem de modo a que as camadas de betão

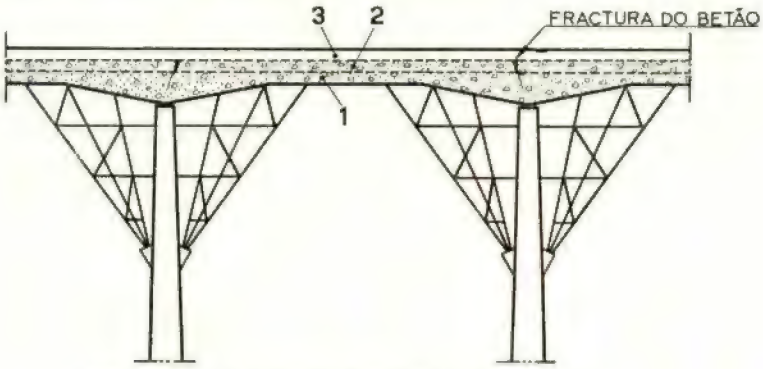


Fig. 2 — Viga contínua betonada por camadas

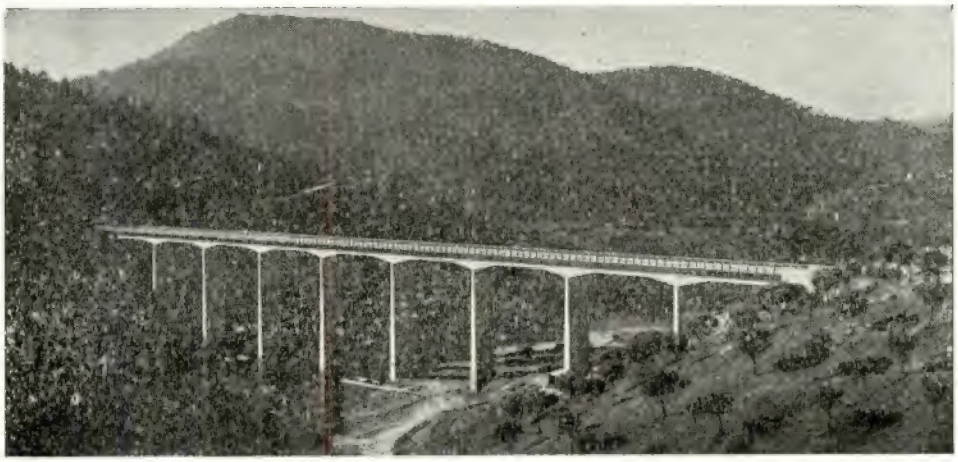


Fig. 3 — Ponte do Vale da Ursa na albufeira de Castelo de Bode

envolvessem sempre pelo menos uma fiada de armaduras deixaram de aparecer fendas em todos os outros apoios.

2.2 — Betonagem a toda a altura dos elementos resistentes

Também quando se utiliza esta técnica de betonagem não são de desprezar os esforços gerados durante a construção. Assim, no caso dum *arco*, as grandes aduelas, devido aos movimentos do cimbre, funcionam à flexão pelo facto da distribuição das reacções do cimbre não corresponder ponto por ponto ao peso da aduela. É pois possível a existência de fendas como se indicam na Fig. 4, que desaparecerão quando o arco entrar no seu verdadeiro funcionamento. E se o arco é ôco (Fig. 5-a) ou de secção aligeirada em 1, (Fig. 5-b), podem ainda gerar-se esforços na direcção transversal.

Assim, admitindo que a aduela se encontra já executada, pelo facto de não existir impulso que se oponha às forças resultantes do peso e da reacção do cimbre, os banzos, em especial o inferior, serão fortemente solicitados à flexão. Se não se betona ràpidamente toda a aduela ao executar-se o banzo superior já o banzo inferior estará endurecido e então o peso daquele, transmitindo-se apenas pelas almas ao cimbre produzirá neste uma reacção transversal uniforme ou quase uniforme a que o banzo de intradorso do arco terá que resistir por flexão.

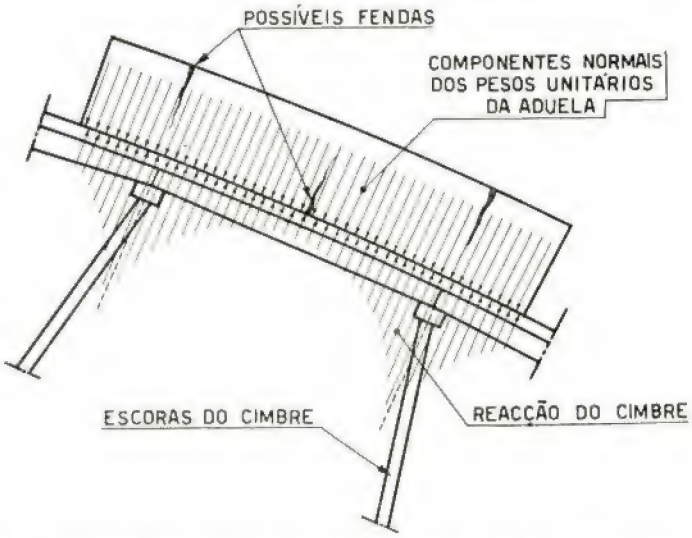


Fig. 4 — Esquema duma aduela dum arco betonado a toda a altura das secções

Por seu turno o banzo superior, logo a seguir à desmoldagem, ficará solicitado sob a acção do seu próprio peso, com a tendência a romper segundo as linhas f indicadas nas Figs. 5-a e 5-b.

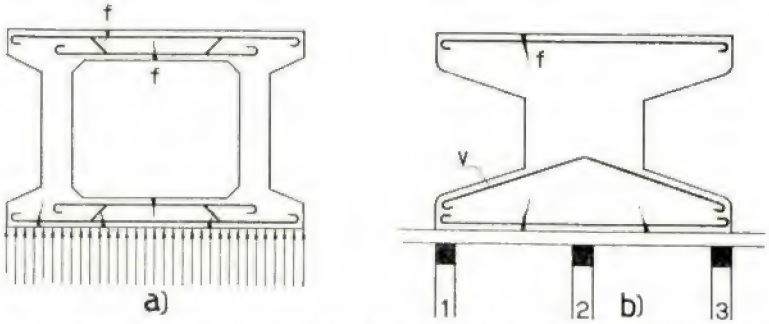


Fig. 5 — Esquema das secções dum arco vazado (*a*) e dum arco aligeirado (*b*). Localização das possíveis fendas

Como se verifica pela Fig. 6 — pormenor das aduelas do arco da ponte da Foz do Sousa indicada na Fig. 7 — a secção transversal do arco é do tipo da Fig. 5-b, apresentando os banzos uma soliência de 1,60 m para cada lado da alma.

Para garantir a segurança das aduelas contra tal solicitação foi pois necessário prever as armaduras indicadas.

E se no descimbramento se aliviam primeiramente as cambotas 1 e 3 (Fig. 5-b), serão de admitir esforços no banzo inferior em sentido inverso obrigando por seu turno a empregar as armaduras v. Retirando em primeiro lugar a cambota 2, sob a alma, maiores tensões de tracção surgirão na fase inferior do intradorso.

Fig. 6 — Pormenor da secção duma aduela do arco da ponte da Foz do Sousa

É pois necessário que as secções da estrutura sejam concebidas para resistirem não só ao seu próprio peso mas também que o descimbramento se faça por forma a não obrigar a dispêndio escusado do material para absorver com segurança as tensões acidentalmente desenvolvidas nas diferentes fases de execução.

Procedendo com todos estes cuidados — no projecto e na execução (sem falar no funcionamento longitudinal, por mais conhecido) foi a citada ponte da Foz do Sousa construída sem que se notasse a mais insignificante fenda.

No caso das *vigas contínuas*, com a betonagem por troços a toda a altura, o problema tem ainda alta complexidade.

Para que o funcionamento da viga sob a acção do seu próprio peso corresponda exactamente à hipótese comumente idealizada no projecto torna-se necessário que a viga, uma vez terminada, não esteja já esforçada por deformação dos cavaletes, condição que para ser satisfeita obriga a admitir que a reacção do cavalete seja em cada zona elementar igual ao peso do volume do betão sobre essa zona.

Pràticamente tal hipótese só se consegue deixando pequenos intervalos *i* (Fig. 8) entre os diferentes troços 1, 2, 3, 4, ... e desligando as próprias armaduras o que evidentemente complica a construção.

O que acontecerá então quando não se deixam esses intervalos e se não desligam ou interrompem as armaduras?

Se executarmos a betonagem a partir dos apoios para o meio vão, sempre para um e outro lado do mesmo pilar, é certo que à medida que a betonagem vai progredindo começarão a gerar-se esforços nas duplas consolas sobre cada pilar pois que uma parte do peso do betão informe será absorvido pelo atrito e aderência das juntas de betonagem, pela continuidade dos moldes e do cavalete e das armaduras, em vez de ser integral e localmente transmitido ao cavalete.

Assim, o troço 3, (Fig. 8), deveria descarregar inteiramente sobre a zona KK' mas estando este

Fig 7 — Ponte da Foz do Sousa — Conjunto

troço ligado à parte restante já construída 1 e 2, viria para o cavalete apenas uma fracção do peso 3. Prosseguindo por esta ordem com a betonagem a viga contínua passaria a ter momentos flectores nos apoios consideràvelmente maiores do que os correspondentes à viga contínua teórica.

Deixando para o fim as zonas 1 e 8, sobre os pilares, dado que os troços 2 e 7 têm apoios no cavalete consideràvelmente mais rígidos que os centrais 3, 4, 5 e 6, resultará que a viga 2–7, já resistente, entrará em funcionamente de peça simplesmente apoiada antes de existir o betão da viga sobre os pilares ou de este betão estar em condições de suportar esforços. Nesta hipótese, aparecerão apenas ténues momentos flectores sobre os apoios.

Só pelo plano de betonagem adoptado será pois possível prever com precisão qual o estado de tensão com que a viga fica depois de descimbrada.

Do exposto e atendendo ao facto de ser sempre ou quase sempre vantajoso reduzir os esforços nos vãos em prejuízo dos apoios deverá a primeira solução ser a adoptada.

Mas é preferível contar nos cálculos com o momento flector mais conveniente para o vão e para os apoios e estabelecer rótulas provisórias que permitam que a estrutura antes de «fechada» seja isostática. Ao «blocar» os troços que fazem de rótulas a estrutura passará a hiperestática para as solicitações ulteriores, ficando contudo com esforços devidos à carga permanente perfeitamente conhecidos e com a melhor distribuição.

Citaremos a este respeito dois exemplos.

2. 2. 1 — Caso da Ponte de Coimbra

Esta ponte é formada por 5 vãos contínuos com uma articulação num vão extremo, apoiada em pilares intermédios pendulares e com os vãos extremos ligados monolìticamente a montantes articulados na base e constituindo uma superestrutura do tipo pórtico múltiplo.

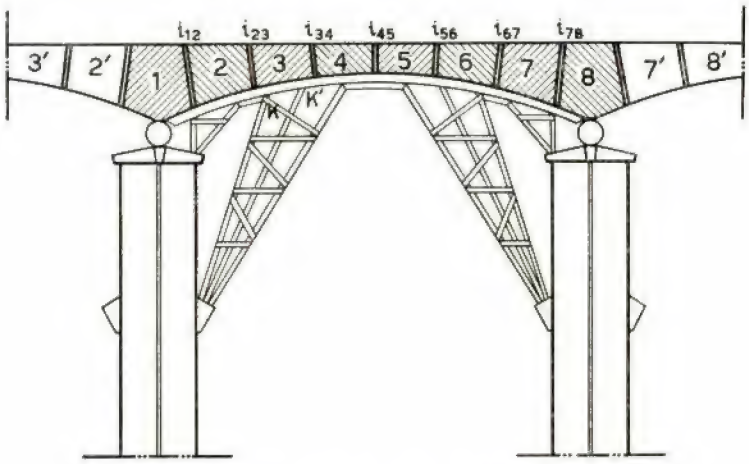


Fig. 8 — Figa contínua betonada por aduelas

Para termos a garantia de que a distribuição dos esforços era a desejada e que não se introduziam esforços internos por assentamentos diferenciais das fundações procedeu-se à betonagem do vão central e dos vãos extremos e duma certa parte em consola dos vãos 2.º e 4.º ficando estes por fechar durante tempo suficiente para que se produzissem os assentamentos dos pilares e se comprovasse por ensaios de carga a indeformabilidade das fundações. Chegou-se mesmo a descimbrar completamente o 1.º vão e a maior parte do 3.º antes de se executarem os pequenos troços centrais de fecho dos vãos 2.º e 4.º, como se vê na Fig. 9.

A correcção dos esforços pode pois fazer-se pela variação do comprimento dos troços em consola, de cargas acidentais colocadas em certas zonas ou com o auxílio de macacos hidráulicos impulsionando pontaletes situados nos vãos ou nas consolas. Utilizou-se esta última técnica para corrigir os esforços com o que se reduziram de cerca de 30 mm as contra-flexas das consolas, como convinha.

Tomando estes cuidados, no projecto e na construção, foi a ponte terminada em pleno

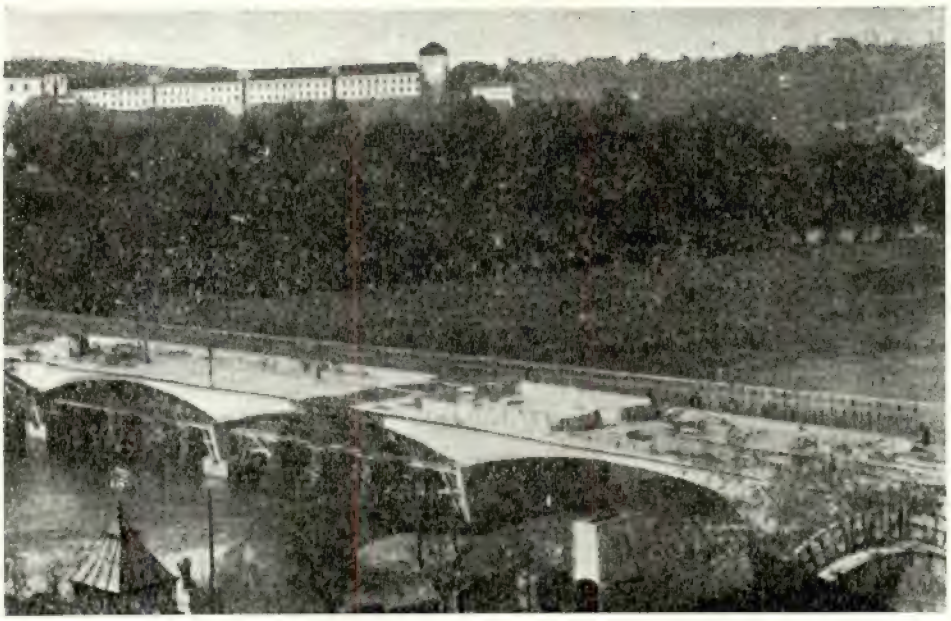


Fig. 9 — Ponte de Coimbra — fase de construção — Superestrutura em funcionamento isostático por não estarem fechados os vãos 2.º e 4.º

êxito. Assinalamos apenas o facto de não termos ligado a importância devida aos deslocamentos durante as difentes fases de betonagem do que resultou uma razante poligonal curvilínea com

O estudo das concordâncias dos troços a betonar não pode ser desprezado para que arquitectònicamente nada haja a dizer ou a corrigir. É pois a conclusão que se tira desta última nota.

Fig. 10 — Ponte de Coimbra (Santa Clara), terminada

ângulos nos topos das consolas e que posteriormente teve que ser corrigido pela pedra de cantaria do focinho da lage dos passeios, correcção que resultou perfeita como se verifica pela Fig. 10.

2. 2. 2. — Caso das Pontes do Cávado e do Caldo

Depois da betonagem da ponte do Cávado, na albufeira da Caniçada da Hidro Eléctrica do Cávado, ao serem retirados os taipais laterais

das zonas vazadas sobre os pilares, notaram-se umas ligeiras fissuras capilares na parte superior do banzo inferior (Fig. 11). Por essas fissuras se apresentarem em todos os apoios admitiu-se nessa ocasião tratar-se dum efeito sistemático — possìvelmente o resultado duma cedência do cavalete antes que o betão dessas zonas tivesse suficiente resistência.

Na betonagem da ponte do Caldo adoptou-se outro plano de betonagem e reforçou-se a armadura da zona onde se notaram as fissuras na ponte do Cávado com a finalidade de evitar a repetição daquelas fissuras.

Efectuado o descimbramento do Cávado essas fissuras aumentaram um pouco mais de espessura, não se notando contudo outras.

Imediatamente a seguir a uns dias de intenso calor tropical novas fissuras capilares surgiram em *s* e *m* (Fig. 11).

Revistos os cálculos com a maior atenção concluiu-se estarem pràticamente exactos para as hipóteses formuladas e que é uso considerar, mas não poderia haver dúvidas que algum erro fundamentalmente importante estava em acção.

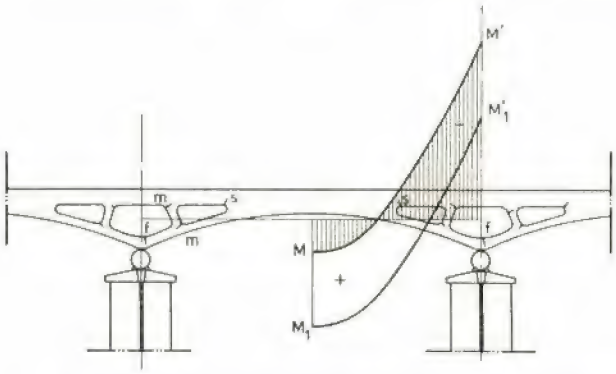


Fig. 11 — Esquema duma viga contínua de rótula. Diagramas dos momentos flectores e fissuras

Analisado o problema sob uma mais alta especulação analítica e experimental — esta com o auxílio de modelos reduzidos de aglomerado de cortiça, de gêsso e de celuloide, planos e espaciais — a par do minucioso exame dos cavaletes e dos planos de betonagem, concluiu-se inequìvocamente terem essas fendas origem:

a) numa importante modificação do diagrama dos momentos devidos à carga permanente, que em vez de ser M M' passou a ser M_1 M_1', (Fig. 11), proveniente da formação de rótulas plásticas na zona vasada dos apoios, devidas ao sistema de betonagem e à deformabilidade dos cavaletes;

b) na variação de temperatura da lage do tabuleiro, de menor espessura e inteiramente exposta, relativamente às nervuras das vigas, de maior massa e protegidas, quando sobre ela incidiu o intenso calor solar de uns dias de verão o que aumentou ainda mais consideràvelmente o momento positivo, fenómeno que «grosso-modo» se pode computar de intensidade da ordem de grandeza da carga permanente a avaliar pelas flechas observadas em cantilevers construídos, pelos próprios ensaios em modelo reduzido e pelos cálculos analíticos efectuados;

c) na retracção do betão (contracção de presa) e mais particularmente na retracção diferencial das zonas menos armadas para as mais armadas.

Estas diferentes acções, sendo do mesmo sinal, somam os seus efeitos e dada a pequena percentagem de armaduras dessas zonas (pois o seu funcionamento previsto no cálculo era especialmente de compressão) as fendas deveriam realmente formar-se como se constatou na supracitada análise.

Qual a solução a adoptar para dar à estrutura o estado de tensão inicialmente previsto ou o mais aconselhável?

Depois de aturado e cuidadoso estudo e perante o espanto dos operários das obras, resolvemos cortar alternadamente os vãos os quais apenas ficaram ligados pelas armaduras inferiores. Deixaram pois de existir momentos positivos nos vãos constatando-se nos novos cantilevers formados (em substituição da viga contínua) as deformações correspondentes à eliminação dos momentos positivos.

Uma vez cortado o betão e o ferro dessas zonas e ainda corrigido o estado de solicitação com o auxílio de cargas adicionais nos extremos das consolas, soldaram-se a electrogéneo as armaduras cortadas. Retiradas essas cargas encheram-se de betão as zonas que se havia demolido. Desta forma aumentaram-se de 10 a 15 % os momentos flectores sobre os apoios (aumento que se eliminará para o efeito da variação diferencial de temperatura) o que não apresenta

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca — Portugal

Ensaio de redutores

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES

GUINDASTES

GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS

APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS

CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

Os novos

TEODOLITOS KERN

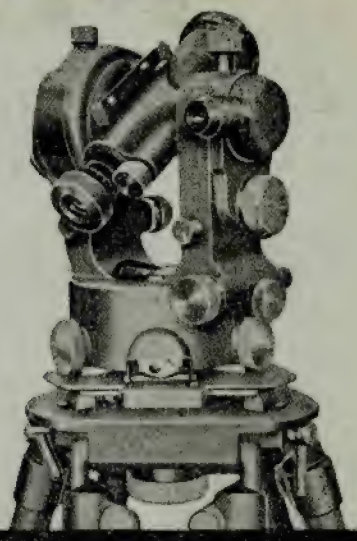
NÃO SÃO APARELHOS REPETIDORES
MAS SIM TEODOLITOS DE CÍRCULO-DUPLO.

RESULTADO:

MAIOR PRECISÃO E UM TRABALHO
MUITO MAIS SIMPLES E MAIS RÁPIDO

FABRICO Kern AARAU SUIÇO

TEODOLITO KERN DKM 1
DE CÍRCULO-DUPLO



REPRESENTANTES EM PORTUGAL:

EMILIO DE AZEVEDO CAMPOS & CA., LDA.

CASA FUNDADA EM 1854

R. SANTO ANTÓNIO, 137-145 - **PORTO**
R. ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º - **LISBOA**

TEODOLITOS DE VÁRIOS TIPOS
TAQUEÓMETROS AUTO-REDUCTORES
NÍVEIS DE ÓCULO
ALIDADES, PRISMAS, ETC.

Serviços técnicos

Anúncio 1

SECÇÃO DE PROPOSTAS

Em todos os estabelecimentos SKF existem técnicos e engenheiros especializados ao dispor de quem os queira consultar sobre tudo quanto diga respeito a rolamentos, bem como a prestarem toda a colaboração na escolha dos mesmos e controlar a sua montagem.

Também, para um maior desenvolvimento do seu serviço técnico, faz a SKF um constante intercâmbio entre os seus estabelecimentos de todo o mundo.

SOCIEDADE SKF LIMITADA

LISBOA, Praça do Alegria, 66-A
PORTO, Avenida dos Aliados, 152

SKF

qualquer perigo para as estruturas mas em contra-partida puseram-se em funcionamento óptimo aquelas secções que temporàriamente foram esforçadas além do que era permitido.

É pois de concluir que um tabuleiro contínuo merece toda a atenção para que de qualquer modo não haja — por razões construtivas — uma profunda alteração na distribuição dos esforços inicialmente calculados. E dada a grande dificuldade de evitar tais inconvenientes só um caminho seguro existe: considerar, no projecto e na construção, para a carga permanente, articulações provisórias que obriguem a ponte a funcionar em condições de isostaticidade.

Mas se por uma razão qualquer o mal já está feito, que não exista pelos menos o receio de lhe dar o remédio lá indicado: cortar a ponte em certas zonas onde deveria ser nulo o momento flector ou onde mais convenha e voltar depois a ligá-la novamente, soldando as armaduras e refazendo o betão demolido.

2. 3 — *Betonagem duma estrutura monolítica constituída por vários elementos*

Quando a superestrutura é formáda por vários elementos constitutivos que sejam obrigados a um funcionamento de conjunto também o plano de betonagem pode ter fundamental importância. É necessário que ao «fechar» um certo elemento ou parte de elemento não existam esforços nos restantes elementos da «malha» que se completa, particularmente se esta é triangulada e que possam ser prejudiciais em virtude das cargas que faltam não poderem já contribuir para os anular ou reduzir, como sucede nos bow-string, vigas Langer, Nielsen, e em tipos particulares de arco de tímpanos vazados.

Seja o caso da ponte em arco de tabuleiro superior de tímpanos vazados — arco esbelto e tabuleiro rígido, como se adoptou na *ponte de Barca d'Alva* (Fig. 12).

Este tipo de ponte é particularmente vantajoso por permitir a construção com um cimbre muito ligeiro pelo facto dos muretes e do tabuleiro, que mais pesam, poderem executar-se já com o arco a servir de cavalete, desde que se distribuam convenientemente as zonas de betonagem.

De qualquer modo, suponhamos que se executa o tabuleiro pela ordem indicada da Fig. 13 começando pela zona do fecho. Quando estiverem executados os troços 1, 2, 3, 4, 5 e 6, o arco funciona como elemento isolado apenas com uma perturbação na zona do fecho (visto que o betão aderindo ao do arco já trabalha em conjunto para as cargas 2, 3, 4, 5 e 6.

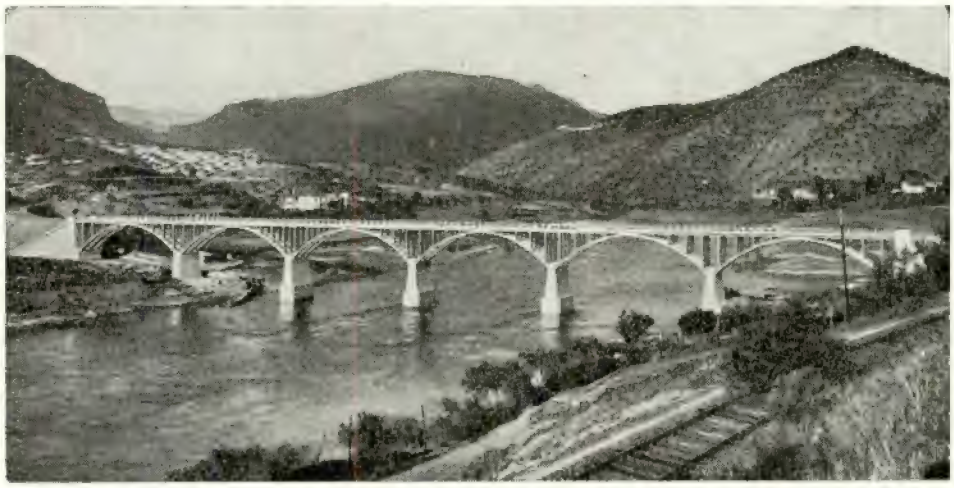


Fig. 12 — Ponte de Barca d'Alva, do tipo arco esbelto e tabuleiro rígido

Mas, algumas horas depois de se betonarem as zonas 7 e 8, por exemplo, já o arco tem os seus movimentos condicionados ao tabuleiro nas zonas entre os troços 2 e 3. Então, as cargas adicionais 9 e 10, de algumas dezenas de toneladas, não poderão colaborar integralmente nesses troços do arco visto ser agora o tabuleiro a absorver a maior parte dos momentos flectores.

Se no projecto se havia admitido — como geralmente sucede — que a directriz do arco é o anti-

funicular do carga permanente, o momento que foi para o tabuleiro nas zonas entre 2 e 3 proveniente das tais cargas 9 e 10 fará imensa falta ao arco por não permitir a centragem da linha das pressões, por hipótese admitida nos cálculos.

Em conclusão, a execução da obra tem que corresponder ao cálculo ou este ao processo de execução. No presente caso, em que se adoptou para directriz o antifunicular da carga permanente dever-se-á «fechar» simultâneamente todos os troços 7, 8, 9 e 10, quer por camadas quer preferìvelmente a toda a altura em fracções da largura.

Fig. 13 — Esquema de betonagem do tabuleiro duma ponte do tipo arco esbelto com tabuleiro rígido

3 — A CONTRACÇÃO DIFERENCIAL E OS SEUS EFEITOS NAS CONSTRUÇÕES MONOLÍTICAS

O betão é um material com «vida própria» de características bem conhecidas, função do tempo, para a mesma génese. Além das características mecânicas as mais importantes são a *contracção de presa*, dum modo geral prejudicial e a *fluência*, fenómeno de auto-adaptação ao mínimo esforço, quase sempre favorável.

Sendo pois a contracção uma função do tempo, traduzida por uma curva O, a, b, c, d com a configuração da Fig. 14, resulta que, se sobre um certo betão já resistente de *n* dias de idade, executarmos um novo troço de betão este não pode contrair livremente segundo a curva O′ a′ b′ c′ d′.

Suponhamos que não existe a fluência e que os betões resistem, o novo às tracções e o mais idoso às compressões (este sem dúvida resistirá). Ao fim de m dias a junta de betonagem do betão velho encurtou de m m'_1 e o novo betão que devia ter encurtado se fosse livre de m''_1 o″ encurtou apenas m'_1 o″, isto é, ficou submetido a uma tensão correspondente a m''_1 m'_1. Gerar-se-ão, portanto, na superfície de betonagem tensões de escorregamento e perpendicularmente tracções no betão mais jovem e compressões correspondentes ao encurtamento adicional m'_1 m_1 no betão mais idoso.

Estas tensões raramente provocam a rotura tanto mais que são atenuadas pela fluência, principalmente a do jovem betão. Contudo, tratando-se de juntas de betonagem muito extensas — no caso das barragens, dos elementos de pontes muito largas — tal rotura poderá surgir se não se adoptam disposições construtivas adequadas como é, com efeito, suficientemente conhecido dos engenheiros da especialidade.

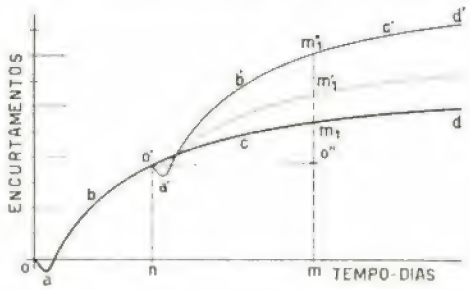


Fig. 14 — Variação da contracção do betão com a idade — Contracção diferencial

Um outro aspecto do problema diz respeito à diferença da contracção verificada entre as zonas com grande percentagem de armaduras e das zonas fracamente armadas, embora da mesma idade, efeito nem sempre devidamente tido em conta nos projectos, fenómeno importante, sem dúvida, para as peças de grande comprimento e de apreciável altura das secções transversais ou de grande largura com armadura concentrada em restritas zonas.

Referimo-nos às vigas altas armadas à tracção e à compressão (para ter em conta a alteração dos esforços com as posições das sobrecargas) com reduzidas armaduras nas almas ou a gran-

des vãos de laje dos tabuleiros vigados nas zonas dos momentos negativos das vigas «T». É pois necessário colocar armaduras *a* nas almas (Fig. 15) e distribuir as armaduras de tracção das vigas, pela alma F e pela laje, F'. Se assim não está indicado nos desenhos deverá o construtor chamar a atenção do autor do projecto ou das entidades da fiscalização dos perigos que poderão advir.

Tais dispositivos para reduzir os efeitos da contracção diferencial consistem, no primeiro caso, na alternância das betonagens, no endentamento das camadas, no emprego de varões de travamento, caixas, saliências ou simples pedras entre os dois betões, na adopção de armaduras longitudinais colocadas nos troços mais jovens paralelamente às juntas de betonagem e próximo destas, etc., além dos aconselháveis tratamentos dos betões (mantê-los húmidos, empregar a refrigeração) e do emprego de cimentos especiais como os de baixo ou moderado calor de hidratação. No segundo, além dos cuidados já enumerados, na distribuição racional das armaduras pela secção da peça.

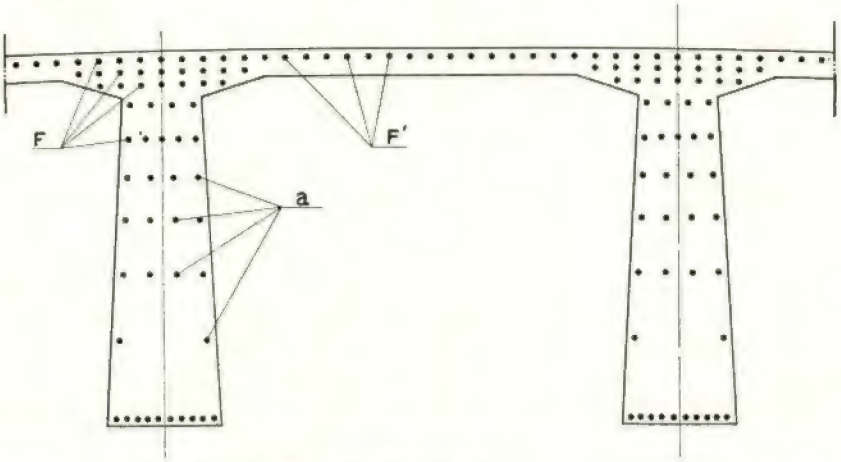


Fig. 15 — Esquema da distribuição das armaduras nas zonas dos apoios das vigas contínuas, em «T»

No caso das pontes o fenómeno surge mais particularmente nos elementos seguintes:

a) Nas juntas de ligação das «camadas» dos arcos quando se adopta este tipo de construção, o que se considera altamente defeituoso mesmo quando se endentam as camadas, semelhantemente à clássica técnica usada nas abóbodas de cantaria de pedra natural.

Na Fig. 16 duma ponte onde foi seguida esta técnica a 2.ª camada desligou da 1.ª pelo menos em certas zonas como se constata pelas próprias escorrências calcáreas das juntas.

Entre as várias camadas dum arco construído por anéis desenvolvem-se tensões que esquemàticamente se indicam na Fig. 17 e que se sobrepõem às do funcionamento «arco»

Um caso semelhante ao da construção dos arcos por camadas é o dos muros de tímpano sobre as abóbodas.

b) Nas juntas de betonagem dum mesmo elemento quando betonado simultâneamente em toda a área das secções normais à directriz, tal como nos grandes pilares ou na construção de arcos por aduelas.

Fig. 16 — Ponte em arco, betonado por anéis

Neste caso, o problema não tem a gravidade do caso anterior, à excepção dos depósitos para líquidos, porque mesmo que se dê a rotura da junta, por deslizamento, ela continuará a traba-

lhar em boas condições por estarem em geral em funcionamento de compressão. O fenómeno pode esquematizar-se na Fig. 18. O troço mais antigo na ligação ao moderno é obrigado a com-

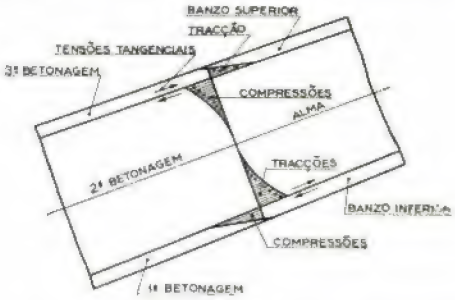


Fig. 17 — Tensões devidas à contracção diferencial num arco betonado por anéis

primir-se e este a dilatar donde resulta, na junta, um estado de tensão tangencial e nas secções paralelas à directriz um estado de tensão normal, de tracção no betão novo e de compressão no betão velho.

Se a superfície tem uma grande área, da ordem dos 100 m², ou um grande lado, 20 ou 30 m, quase certo é dar-se a rotura quando o intervalo nas betonagens vai além de 15 a 30 dias se não se tomam as disposições atrás indicadas. A rotura dá-se como indica a Fig. 18 sendo numerosíssimos os exemplos que se poderiam apresentar.

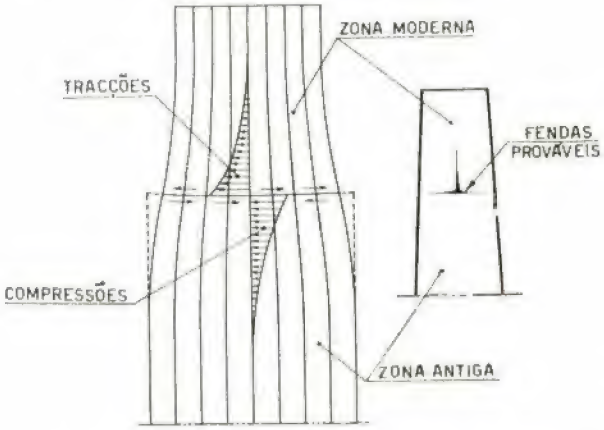


Fig. 18 — Tensões devidas à contracção diferencial num pilar. Fendas prováveis

O caso mais característico é o da ligação das abóbodas largas aos maciços dos encontros (Fig. 19). Estes são construídos em geral com uns meses de avanço de modo que o betão da abóboda tende a contrair sobre um maciço de grande volume, já quase completamente contraído.

Se a abóboda não possui armaduras transversais suficientes é pràticamente inevitável a rotura, para larguras de abóboda superiores a 20 m. Constatamos uma rotura deste tipo na Passagem Superior da Cruz das Oliveiras na Auto-estrada Lisboa-Estádio, apenas com 15 m de largura de abóboda, a qual tem muito reduzida armadura transversal.

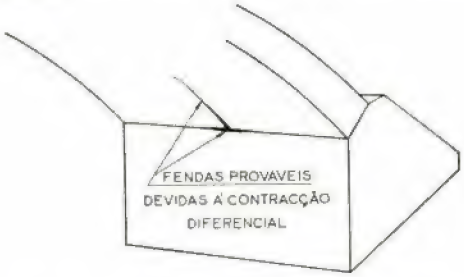


Fig. 19 — Efeitos da contracção diferencial na ligação duma abóboda aos encontros

Não é pois possível, sem perigo, projectar uma larga abóboda de betão simples, pois que a esses efeitos adicionam-se os das sobrecargas e dos impulsos dos muros de tímpano.

4 — A DESIGUALDADE DE TEMPERATURAS ENTRE AS DIVERSAS FIBRAS DO MATERIAL DAS SECÇÕES

Pode dizer-se que é corrente, no cálculo de pontes, ter-se em conta os efeitos das variações de temperatura uniforme, quando as estruturas são hiperestáticas. Mais raramente se consideram as variações de temperatura desigual dos elementos componentes de uma obra e só muito excepcionalmente se tem em conta a diferença de temperatura entre as diversas fibras do material das secções transversais das estruturas.

Este último efeito é, contudo, de alta importância em certas obras directamente expostas às radiações solares. As mais afectadas são, sem dúvida, os tabuleiros de pontes (na construção civil os terraços) do tipo hiperestático (lajes contínuas ou lajes nervuradas hiperestáticas) como é do conhecimento geral. Todos os engenheiros civis sabem calcular estes efeitos pelo menos para certas hipóteses particulares como a da variação linear da temperatura nas secções transversais.

Mas o que nem sempre se tem presente é a ordem de grandeza das tensões geradas e muito especialmente o «sentido» dos esforços gerados.

Nos tabuleiros do tipo viga contínua, laje nervurada ou laje sem nervuras, para fraca camada protectora isolante como é a dos pavimentos modernos das pontes (betão betuminoso de 3 a 5 cm de espessura), a variação de temperatura pode atingir, no nosso clima 10 a 20° C, consoante a região. Do meio dia às 3 da tarde natural é verificar-se em certos dias de verão tais variações de temperatura no sentido positivo, quer dizer, encontrar-se a face superior a 40° C e a face inferior a 25° C, o que não sucede em sentido inverso. De facto ao desaparecer o sol essa diferença estará pràticamente reduzida a zero não fazendo o fresco da noite com que exista uma diferença negativa de mais do que $^1/_4$ ou $^1/_5$ daquele valor.

O que sucederá pois?

Se chamarmos positivos os momentos flectores que geram tracções nas fibras inferiores somos levados a concluir que os efeitos do sol sobre os tabuleiros contínuos de pontes provocam momentos flectores positivos acentuadamente mais intensos do que momentos negativos. Haverá portanto um apreciável aumento de tensões nas zonas dos vãos, tensões que serão em muitos casos da ordem das provocadas pelas cargas permanentes com uma correspondente diminuição de esforços nas zonas dos apoios.

Em conclusão, se tais efeitos não foram considerados no projecto deverá o construtor ao elaborar o plano de betonagem, tomar o cuidado de executar a superestructura de modo que ela fique com momentos positivos menores do que previu o cálculo tanto mais que os efeitos da fluência são geralmente do mesmo sinal da variação diferencial de temperatura. Foi esta razão pela qual, no exemplo atrás citado das pontes do Cávado e do Caldo, decidimos anular totalmente os momentos a meio do vão provenientes da carga permanente à custa do corte temporário dos tabuleiros.

RESUMO

No presente artigo indicam-se os cuidados a ter na construção das grandes pontes de betão armado tendo em vista a eliminação total ou parcial dos esforços secundários desenvolvidos nas estruturas durante as suas diferentes fases de execução em particular provenientes do sistema de betonagem e em função das deformações dos cavaletes e da contracção diferencial do betão.

Analisa-se, também, o fenómeno da alteração da distribuição dos esforços principais desenvolvidos nas estruturas proveniente das mesmas causas e, ainda, da desigualdade de temperatura entre as diversas fibras do material.

Ilustra-se o artigo com os casos concretos:

a) Arco abatido do tipo aligeirado (ponte da Foz do Sousa).
b) Pórtico especial com vigas de altura muito variável (ponte de Coimbra).
c) Arco múltiplo esbelto de tabuleiro rígido (ponte de Barca d'Alva).
d) Viga contínua de alma vasada sobre pilares ôcos de alvenaria (pontes do Cávado e do Caldo sobre a albufeira da Caniçada, da Hidro Eléctrica do Cávado).

RÉSUMÉ

L'auteur décrit les précautions à prendre lors de la construction des ponts en béton armé de grandes dimensions en vue de l'élimination totale ou partielle des efforts secondaires qui prennent naissance au cours des différentes phases d'éxecution; il traite plus particulièrement le cas des efforts secondaires dûs au système de bétonnage adopté et en fonction des déformations des supports de coffrages et du retrait du béton.

Il étudie également le phénomène de la modification de la distribution des contraintes principales dues aux mêmes causes et aux différences de température entre les différentes fibres du matériau.

Il cite les exemples pratiques suivants:

a) Arc surbaissé allégé (Pont de Foz do Sousa).
b) Portique spécial à poutre de hauteur très variable (Pont de Coimbra).
c) Arc multiple mince à tablier rigide (Pont de Barca d'Alva).
d) Poutre continue en caisson sur piliers creux en maçonnerie (Ponts du Cávado et du Caldo sur la retenue de Caniçada de l'aménagement Hydro-Electrique du Cávado).

SUMMARY

The author describes pratical methods applied to large reinforced concrete bridge construction in order to eliminate in part, or totally, secondary efforts developped in the course of construction;

the author deals more particularily with those secondary efforts which are caused by the concrete laying methods adopted and depending on the trestles' deformations and shrinkage of concrete.

Modification of the repartition of a bridge's principal stresses due to the same factors and to differences of temperature between the various fibers of the concrete is also dealt with.

The following pratical examples are mentionned:

a) Lightened flat arch (Foz do Sousa Bridge).
b) Special frame structure with large variations of beam heigth (Coimbra bridge).
c) Multiple thin arch with rigid platform (Barca d'Alva bridge).
d) Continuous box web beam on hollow masonry columns (Cávado and Caldo bridges on the Caniçada empoundment lake of the Cávado Hydro-Electric Scheme).

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden die Massnahmen gezeigt, welche bei der Konstruktion von grossen Brücken in Eisenbeton getroffen werden müssen, um die Sekundärkräfte im Bauwerk vollständig oder teilweise auszuschalten. Diese treten während den verschiedenen Phasen des Baues auf, insbesondere infolge des Betoniervorganges, der Formänderungen des Lehrgerüsts und des Schwindens von Beton.

Untersucht wird ferner die Aenderung der Hauptbeanspruchungen, welche aus denselben Gründen und infolge der Temperaturunterschiede in den verschiedenen Teilen des Bauwerks auftritt.

Die Arbeit wird illustriert durch folgende konkrete Fälle:

a) Flacher Bogen in augeflöster Bauweise (Bücke von Foz do Sousa).

b) Rahmenbrücke mit veränderlicher Querschnittshöhe der Balken (Brück von Coimbra).

c) Mehrfacher schlanker Bogen mit Versteifungsträger (Brücke von Barca d'Alva).

d) Durchlaufender Balken mit unterbrochenem Steg über Hohlpfeilern aus Mauerwerk (Brücken von Cávado und Caldo über den Caniçada-Stausee des Kraftwerks Cávado).

C. D. U. 622.7.085

Método gráfico para o estudo das classificações que precedem concentrações hidrogravíticas

POR ALBERTO CERVEIRA

1.º Assistente da Faculdade
de Engenharia do Porto
Bolseiro do I. A. C.

1 — Gama de crivagens segundo Rittinger

É de sobejo conhecida a necessidade de realizar classificações volumétricas das misturas minerais destinadas a serem concentradas hidrogravìticamente. Não nos deteremos, portanto, na sua justificação.

No minério fragmentado e pronto para ser concentrado, a classificação por calibres tem como objectivo proceder à sua divisão em vários lotes que irão alimentar outros tantos aparelhos de lavagem.

A composição granulométrica de cada lote deverá ser estabelecida de modo a assegurar-se a máxima eficácia do aparelho em que vai sofrer a concentração.

Para isso, não deverão fazer parte do mesmo lote os grãos das espécies minerais a separar que, pela sua densidade e calibre, venham a ter comportamento igual perante a lavagem. Se tal se não der, a sua separação não se observará.

Admitindo, pois, tratar-se de um minério formado ùnicamente por duas espécies minerais, o calibre dos fragmentos de cada lote em que será dividido, deverá situar-se entre valores para os quais só no limite se observe que os maiores grãos da espécie mineral mais leve possuam comportamento igual, na lavagem, à das menores partículas da espécie mineral mais pesada.

Haverá, assim, que proceder à escolha dessa gama de crivagens de modo a verificar-se que em todos os lotes os grãos das espécies minerais a separar, mercê da sua diferente velocidade de deslocamento no seio do meio de lavagem, possam isolar-se, agrupando-se densitàriamente.

Com base na noção de grãos equivalentes e na de relação de equivalência em queda livre na água tranquila, Rittinger estabeleceu a lei de formação dessas séries ou gamas de crivagem.

Os furos das superfícies de crivagem a utilizar desenvolvem-se em obediência a uma progressão geométrica cujo primeiro termo corresponde ao menor calibre dos grãos minerais a submeter à lavagem. A razão dessa progressão geométrica é dada pela relação entre os diâmetros de grãos equivalentes, em queda livre na água tranquila, das espécies minerais a separar, isto é, pela relação entre as densidades desses minerais.

Assim, como se sabe, se l_1 e l_2 representarem os calibres e d_1 e d_2 as densidades respectivas de duas espécies minerais, será:

$$l_1 (d_1 - 1) = l_2 (d_2 - 1), \quad \text{ou seja}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{d_2 - 1}{d_1 - 1} = q,$$

em que q representa a referida relação de crivagem.

Isto é, se, por exemplo, se pretendesse separar, a partir do calibre de 1 mm, a blenda do quartzo, a relação dos diâmetros dos furos das superfícies de crivagem a empregar seria dada por $\frac{4-1}{2,5-1} = 2$ e a série de luzes dos crivos a utilizar seria 1 mm, 2 mm, 2^2mm 2^3mm, ... , 2^nmm.

Consideremos agora o caso de um minério contendo galena, blenda, barita e quartzo, sendo as densidades destas espécies minerais, deduzidas de uma unidade referente à impulsão da água, respectivamente de 6,5, 3, 3,5 e 1,5.

Para separar a galena dos outros minerais constituintes do minério as relações de crivagem a estudar seriam: $\frac{6,5}{3} = 2,17$, $\frac{6,5}{3,5} = 1,57$,

NOTA: A *Técnica* pode fornecer, ao preço do custo, cópias a *ozalid*, do gráfico citado, com o tamanho 60×32 cm.

$\frac{6,5}{1,5} = 3,13$, das quais seria escolhida a de valor mais baixo.

Se, após eliminação da galena, se pretendesse separar a barita dos outros constituintes, as relações de equivalência ou crivagem a atender seriam $\frac{3,5}{3} = 1,16$ e $\frac{3,5}{1,5} = 2,33$, das quais seria escolhida 1,16.

No primeiro caso, se o lote a classificar fosse constituído por grãos compreendidos entre 0,8 mm e 4,85 mm, a série de crivos a utilizar seria: 0,8 mm, $0,8 \times 1,57 = 1,256$ mm, $1,256 \times 1,57 = 1,97$ mm, $1,97 \times 1,57 = 3,09$ mm, $3,09 \times 1,57 = 4,85$ mm.

No segundo caso seriam empregados os seguintes crivos: 0,8 mm, 0,928 mm, 1,08 mm, 1,25 mm, 1,45 mm, 1,68 mm, 1,95 mm, 2,26 mm, 2,58 mm, 2,89 mm, 3,35 mm, 3,89 mm e 4,51 mm.

Verifica-se, particularmente neste último caso, que seria necessário empregar um grande número de aparelhos concentradores, o que tornaria a concentração pouco cómoda e onerosa.

Ora, este critério, que durante largo tempo foi aceite, só seria lògicamente de admitir se a concentração viesse a ser feita por queda dos grãos minerais em água tranquila, o que, como é sabido, não sucede. Por outro lado, não poderia ele ser mantido para toda a gama de calibres (não aplicável às partículas que se deslocam nos fluidos segundo a lei de Stokes), como era, ainda, esquecida a influência da forma dos grãos na sua velocidade de queda.

2 — Gama de crivagens segundo Richards e outros investigadores

As experiências de Munroe, Richards, Lewis, Roux-Brahic e outros investigadores mostraram que a relação $\frac{d_2 - 1}{d_1 - 1}$ não traduzia a realidade dos factos passados nas operações de concentração. Abstrai-se por completo das numerosas influências perturbadoras que, na prática, alteram as condições de queda das partículas. Isto é, admitia-se a *queda livre* («free-settling», «chute libre»), quando na concentração se opera em *queda perturbada* («hindered settling», «chute genée»).

Ora a diferença essencial entre um produto classificado em queda perturbada de quando é classificado em queda livre é aquele apresentar uma relação mais elevada entre os diâmetros médios dos grãos da espécie mineral mais leve e os da mais densa.

Assim, por exemplo, enquanto a relação entre os diâmetros de grãos de quartzo e de galena equivalentes em queda livre é de 3,9 : 1, a mesma relação sob condições de queda perturbada atinge 5,9 : 1 para uma percentagem de sólidos na água de 40 %. Pode até ultrapassar bastante aquele valor, visto depender da densidade da *suspensão* e, portanto, da densidade e da percentagem, em volume, dos sólidos na água.

Por analogia com a queda livre, define-se como relação geral de equivalência em queda perturbada, q', para grãos esféricos de calibre l_1 e l_2 e densidades d_1 e d_2 que constituem com a água uma suspensão de densidade θ, a fornecida pela seguinte expressão:

$$q' = \frac{l_1}{l_2} = \left(\frac{d_2 - \theta}{d_1 - \theta}\right)^m$$

em que (Newton) $1 > m > \frac{1}{2}$ (Stokes).

É que, por definição de grãos equivalentes, tem-se:

$$l_1^2 (d_1 - \theta) = l_2^2 (d_1 - \theta), \text{ ou seja}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \left(\frac{d_2 - \theta}{d_1 - \theta}\right)^{\frac{1}{2}} \text{ para a zona de Stokes;}$$

e

$$l_1 (d_1 - \theta) = l_2 (d_2 - \theta), \text{ portanto,}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{d_2 - \theta}{d_1 - \theta}, \text{ para a zona de Newton.}$$

Assim, a relação de equivalência entre grãos de quartzo e galena, em queda numa suspensão daquele mineral a 40 % de sólidos (em volume) na água, será, como já foi referido, de 5,9, visto aquela suspensão possuir uma densidade $\theta = 2,65 \times 0,4 + 1 \times 0,6 = 1,66$, o que fornece $q' = \frac{7,5 - 1,66}{2,65 - 1,66} = 5,9$ para grãos de calibre aos quais se apliquem as leis da resistência newtoniana.

Do emprego da relação de equivalência em

queda perturbada, em vez da relação de equivalência em queda livre (conforme Rittinger), como critério das relações de crivagem que precedem concentrações hidrogravíticas, resultam relações mais elevadas. Portanto, a obtenção de um menor número de lotes e de aparelhos de lavagem, sem perda de eficácia para eles (*).

Como se compreende, não existe uma linha divisória entre a queda livre e a perturbada, fazendo-se a passagem de uma à outra por graus insensíveis. Esta última poderá apresentar-se sob várias graus de perturbação, em concordância com as variações na densidade que a *suspensão* pode apresentar.

Nas condições usuais de trabalho, a densidade de suspensões predominantemente quartzosas é de 1,5, sendo de 1,2 para o caso da lavagem de carvões.

3 — Influência da forma dos grãos e das variações de densidade dos minerais nas relações de equivalência

Sabe-se que o valor da velocidade final ou limite de queda de grãos sólidos de igual calibre no seio de fluidos varia entre largos limites por efeito da sua forma.

Este efeito tem vindo até agora a ser posto de parte, não porque se não tenha reconhecido a sua importância, mas devido à dificuldade em o introduzir nas aplicações práticas, ou de o avaliar.

Como é sabido, os grãos minerais não se apresentam esféricos mas de forma irregular. Por isso, o valor do calibre indicado nas expressões que fornecem a sua velocidade de queda no seio dos fluidos não tem o significado de diâmetro dos grãos, mas o das furações das superfícies de crivagem usadas para os definir.

É o que se passa com a fórmula de Rittinger, $V_o = C\sqrt{l\,(d-1)}$, (válida sòmente para l dendentro da zona Newton) que fornece o valor da velocidade limite ou final, V_o, de queda livre na água tranquila de partículas minerais de densidade d e calibre l.

Naquela expressão, C pode tomar valores desde 1,92 a 2,73, conforme se trata, respectivamente, de grãos achatados ou de forma esférica (*). Estes valores transformam-se em 60,7 e 86,4 quando o calibre se exprime em milímetros e a velocidade em milímetros por segundo, em vez de expressos em metros. De modo idêntico, o seu valor médio de 2,44 transforma-se em 77, visto que

$$\frac{V_o}{1000} = 2{,}44\sqrt{\frac{l}{1000}\,(d-1)}$$

ou

$$V_o = 77\sqrt{l\,(d-1)}\,.$$

Sob o ponto de vista prático e relativamente à velocidade das partículas de índice de esfericidade médio e do mesmo calibre, tudo se passa como se as de forma esférica tivessem densidade superior à densidade real da espécie mineral considerada, dando-se o inverso com as de forma achatada.

Cada espécie mineral ou rocha, sob trituração, apresenta tendência em dar fragmentos de morfologia característica. No entanto, verifica-se que, embora sob diferentes proporções, existem nos produtos de trituração grãos de formas muito variadas, indo desde a arredondada à achatada, passando pela oblonga.

Nestas condições, para efeitos da determinação das relações de equivalência ou de crivagens prévias e para se estar seguro da separação densitária, deverá tomar-se como limite, não a igualdade de valores das velocidades médias, mas a correspondente entre grãos esféricos da espécie mineral mais leve e os achatados da mais densa.

Portanto, teremos para a queda perturbada:

$$2{,}73\sqrt{l_1\,(d_1-\theta)} = 1{,}92\sqrt{l_2\,(d_2-\theta)}$$

ou

$$2{,}73^2\,l_1\,(d_1-\theta) = 1{,}92^2\,l_2\,(d_2-\theta)$$

e, finalmente,

$$q' = \frac{l_1}{l_2} = \left(\frac{1{,}92}{2{,}73}\right)^2 \frac{d_2-\theta}{d_1-\theta} = 0{,}5\,\frac{d_2-\theta}{d_1-\theta},$$

o que significa que, para se atender ao efeito da

(*) Finkey, para o caso das calibragens que precedem concentrações por jigagem, indica como relação de crivagem a utilizar, a relação de equivalência em queda livre multiplicada por $\sqrt{\frac{d_2-1}{2\,(d_1-1)}}$, isto é, a relação

$$q' = \frac{d_2-1}{d_1-1}\sqrt{\frac{d_2-1}{2\,(d_1-1)}}$$

(*) Richards e outros investigadores encontraram para C valores um pouco superiores aos indicados por Rittinger.

forma dos grãos, a relação de crivagem deverá ser metade do valor da relação de equivalência em queda perturbada.

Pelo resultado anteriormente encontrado verifica-se a grande importância da morfologia das partículas minerais a separar na determinação das relações de equivalência e, portanto, na gama de crivos a utilizar.

Mas, como se sabe, as mesmas rochas ou espécies minerais podem ocorrer sob variações de densidade que atingem algumas décimas ou mesmo unidades.

Por isso, nas determinações das relações de equivalência se tomam os valores das densidades médias das espécies minerais em causa.

Compreende-se, no entanto, a possibilidade de, sob este aspecto, serem obtidos grandes afastamentos das relações de equivalência reais relativamente às determinações feitas a partir do valor das densidades médias. Estes afastamentos assumirão valores elevados particularmente quando se considera a sobreposição, nas condições mais desfavoráveis, deste efeito com o da forma das partículas (aspecto que tem geralmente sido esquecido). Isto é, quando no cálculo da relação de equivalência se tomam os valores mais elevados da densidade e a forma esférica dos grãos para a espécie mineral mais pesada, e os menores valores da densidade e a forma achatada para as partículas da espécie mineral mais leve.

4 — Método gráfico para a determinação da gama de crivagens

Já há alguns anos que temos vindo a servir-nos de um método gráfico da nossa autoria para o estudo da série de crivos a empregar nas classificações volumétricas que precedem concentrações por jigagem (*).

Embora extensível a toda a gama de calibres, pois os princípios em que se baseia têm aplicação geral, desenvolvêmo-lo aqui aplicado para os da jigagem. Este é o caso para o qual surge com mais frequência a determinação da gama de crivos a utilizar, pois para os calibres menores que os apresentados faz-se mais geralmente uso de hidroclassificadores, em vez de crivos, nas classificações prévias.

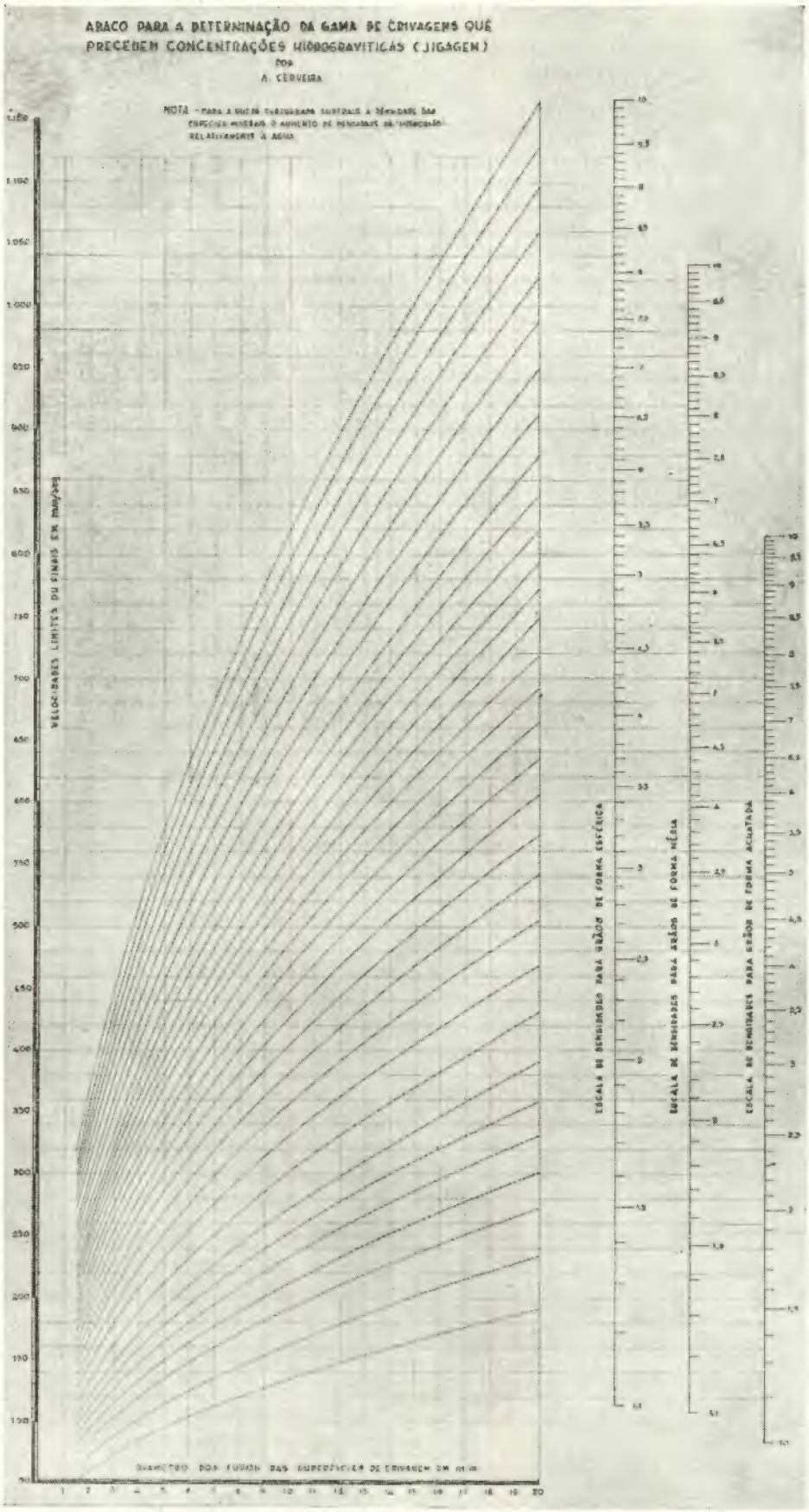
Com ele não se pretende, como geralmente sucede com o uso dos métodos gráficos em substituição dos analíticos, a supressão de cálculos mais ou menos laboriosos à custa de menor rigor nos resultados. Tal substituição não teria justificação neste caso, visto os cálculos a fazer, anteriormente expostos, serem simples e reduzidos.

A justificação para o emprego do método gráfico, que se representa, reside na possibilidade de, a par da rapidez, poder fornecer resultados mais justos, visto permitir ponderar e «ver», isolada ou conjuntamente, os efeitos do calibre, da densidade e da forma das partículas, quer em queda livre quer em queda perturbada, para duas ou mais espécies minerais. Além dos valores das velocidades limites de queda das partículas fornece directamente a série de perfurações dos crivos a empregar (em vez duma relação de crivagem a partir da qual aquelas seriam calculadas) e permite, em função do número de concentradores a utilizar (de acordo com a sua capacidade individual e a tonelagem total a tratar), determinar as perfurações de crivagem mais aconselháveis para que cada concentrador opere com a mais elevada eficácia.

Baseia-se no uso de curvas — parábolas de equivalência — que traduzem, para vários valores da densidade e do calibre, as leis de veloci-

(*) Existem dois critérios a seguir, o inglês e o alemão, na classificação das alimentações de jigagem, diferindo, respectivamente, em usar alimentações não classificadas ou estas feitas sob larga relação de tamisagem, ou fornecer às jigas alimentações sob uma apertada relação de crivagem. Cada um dos métodos apresenta as suas vantagens, dependendo a sua eficácia e o critério de utilização de cada caso particular. Enquanto o primeiro critério exige uma diferença de densidades, entre as espécies minerais a separar, suficientemente elevada, o segundo é de aconselhar quando essa diferença for relativamente pequena. No método inglês deverá jigar-se com *sucção*, enquanto esta deve ser eliminada no método alemão.

Em 1942 introduzimos alguns aperfeiçoamentos e simplificações na *jiga de sucção regulável Denver*. Desde então para cá, temos difundido o uso de tais melhoramentos, pelos benefícios que acarretam. Constam duma simplificação do sistema de accionamento, que passa a fazer-se através de um prato-falange de fixação de dois semi-veios (de pistonagem e do distribuidor de água), em posições ajustáveis, o que permite uma fácil e rápida regulação, por graus insensíveis, das posições de pistonagem com as do distribuidor da água de regulação da sucção. Eliminou-se a transmissão do movimento, por correntes, entre aqueles veios, e dotaram-se as hastes dos êmbolos de ajustadores de tensão das membranas de pistonagem.


ABACO PARA A DETERMINAÇÃO DA GAMA DE CRIVAGENS QUE PRECEDEM CONCENTRAÇÕES HIDROGRAVITICAS (JIGAGEM)
POR
A. CERVEIRA
NOTA - PARA A MAIOR QUANTIDADE DAS SUBSTÂNCIAS A SEPARAR DAS CONCEITOS MINERAIS O AUMENTO DE DENSIDADE DA "MISTURA" RELATIVAMENTE À ÁGUA
VELOCIDADES LIMITES DU SINAIS EM mm/seg
DIAMETRO DOS FUROS DAS SUPERFÍCIES DE CRIVAGEM EM mm
ESCALA DE DENSIDADES PARA GRÃOS DE FORMA ESFÉRICA
ESCALA DE DENSIDADES PARA GRÃOS DE FORMA MÉDIA
ESCALA DE DENSIDADES PARA GRÃOS DE FORMA ACHATADA

dade final com que os grãos minerais se deslocam em queda livre, na água tranquila. A escolha da série de crivos a utilizar faz-se tendo em atenção que não devem pertencer ao mesmo lote grãos da espécie mineral mais leve que possuam velocidade limite superior às mais finas partículas da espécie mineral mais densa.

No ábaco que se apresenta para a solução destas questões, as ordenadas representam a velocidade limite de queda das partículas expressa em milímetros por segundo, correspondendo as abcissas às *perfurações dos crivos a utilizar* (supostas circulares), em vez do calibre ou diâmetro dos grãos.

O conhecimento dos valores das velocidades limites da queda permite ainda o cálculo das melhores condições da jigagem (curso e frequência de pistonagem).

As parábolas de equivalência representadas no ábaco foram desenhadas a partir duma série de pontos, calculados analiticamente, para calibres variando entre 1,5 mm a 20 mm, para densidades entre 1,1 e 10.

Na parte direita do ábaco situam-se três escalas graduadas que habilitam à escolha, para os diversos valores da densidade dos minerais, das parábolas de equivalência correspondentes a grãos esféricos, de forma achatada ou intermédia. O estabelecimento de parábolas de equivalência correspondentes a valores da densidade compreendidos entre o destas curvas inscritas no ábaco é obtido por interpolação. Esta é feita a partir do ponto das parábolas correspondente ao calibre de 20 mm e que é dado pela intersecção da vertical relativa a este calibre com a horizontal referente à densidade desejada (tirada a partir da escala de densidades correspondente à forma dos grãos que interessa considerar).

5 — Alguns problemas resolvidos pelo ábaco apresentado e modo de o utilizar

a) *Determinação da série de perfurações de crivagem a utilizar e das velocidades limites de queda para o caso de equivalências em queda livre e água tranquila, quando se não atender a variações na forma dos grãos minerais ou a oscilações na sua densidade.*

O modo de operar exemplifica-se com a fig. 1. Na escala da direita, correspondente às partículas de forma intermédia (entre a esférica e a achatada), procuram-se os valores da densidade média das duas espécies minerais em estudo. Por esses dois pontos tiram-se paralelas ao eixo das abcissas até à vertical correspondente ao calibre dos 20 mm, procurando-se aí o início das parábolas de equivalência correspondentes. Se o ponto encontrado não corresponde a nenhuma daquelas curvas inscritas, elas são estabelecidas por interpolação.

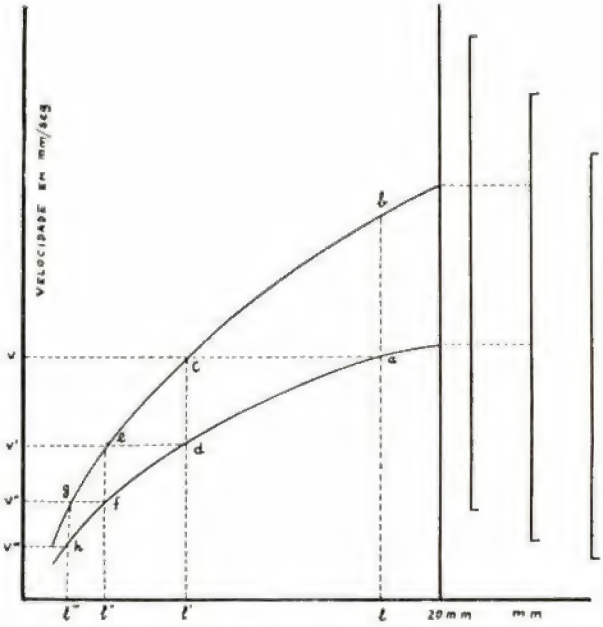


Fig. 1

Definidas no ábaco as duas parábolas de equivalência correspondentes, pelo ponto *l* do eixo das abcissas que corresponde ao calibre máximo dos produtos a classificar, tira-se uma paralela ao eixo das ordenadas que intersectará as anteriores parábolas nos pontos *a* e *b*. Pelo ponto *a*, de intersecção desta vertical com a parábola correspondente à espécie mineral mais leve, tira-se uma paralela ao eixo das abcissas que encontra a parábola de equivalência da espécie mineral mais pesada no ponto *c* e o eixo das ordenadas em *v*. Pelo ponto *c* tira-se uma paralela a este último eixo, que corta a parábola, correspondente à espécie mineral mais leve, no ponto *d* e o eixo das abcissas em *l'*. Pelo ponto *d* tira-se uma paralela a este eixo das perfurações, obtendo-se os pontos *e* e *l''*. Continua-se do modo anteriormente descrito até ser atingido o calibre mínimo das partículas do lote a classifi-

car, obtendo-se l', l'', l''' . . . que fornecem os valores das aberturas dos furos dos crivos, e v', v'', v''' . . . que traduzem as velocidades limites da queda.

Poderá operar-se de modo idêntico mas partindo do calibre mínimo dos grãos do lote a classificar.

b) *Determinação da série de perfurações de crivagem a empregar, para o caso de relações de equivalência em queda livre e na água tranquila, mas quando se atende à influência da forma de grãos.*

O problema é resolvido gràficamente de modo igual ao anterior, conforme se vê na fig. 2, mas fazendo-se uso, na busca das parábolas de equivalência, correspondentes às espécies minerais em estudo, das escalas correspondentes a grãos esféricos (para a espécie mineral mais leve) e a

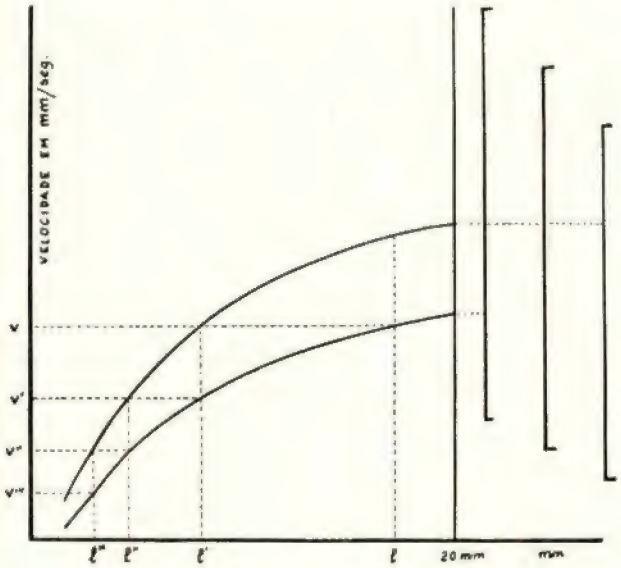


Fig. 2

grãos achatados (para a espécie mineral mais pesada). Como se não atende a possíveis variações da densidade tomam-se os valores médios desta naquelas escalas.

c) *Estudo da série de perfurações de crivagem a empregar, para o caso de equivalências em queda livre na água tranquila, mas quando se atenda à influência conjugada da forma dos grãos com as variações na densidade das espécies minerais.*

Esta questão resolve-se de modo inteiramente igual ao caso anterior, mas em que se tomam, nas escalas correspondentes às partículas esféricas, a máxima densidade que a espécie mineral mais leve pode apresentar e, na escala correspondente aos grãos de forma achatada, o valor mínimo da densidade da espécie mineral mais densa.

d) *Escolha para o caso de relações de equivalência em queda perturbada, da série de perfurações de crivagem, mas quando se não atenda a variações na densidade das espécies minerais ou à forma dos grãos.*

A solução para este caso é ainda similar à do primeiro caso apresentado. Difere dele por se dever tomar, na escala correspondente aos grãos de forma média, não as densidades médias das espécies minerais, mas estas deduzidas do aumento de densidade, relativamente à água, da *suspensão* em que se realiza a concentração em queda perturbada.

Assim, por exemplo, se a densidade aparente da suspensão em que se opera a queda perturbada for de 1,6, e as espécies minerais em estudo tiverem densidades médias de 7,5 (galena) e 2,6 (quartzo), devem tomar-se naquela escala valores de densidades de 6,9 e 2, respectivamente.

e) *Caso das relações de crivagem ou perfurações, segundo a equivalência em queda perturbada, quando ainda se atenda à forma dos grãos.*

A solução para este caso é procurada mediante as maneiras de proceder indicadas para os casos d) e b).

f) A conjugação dos modos de proceder segundo os casos *d*) e *c*) ou *d*) e *e*) permite dar solução à busca das *perfurações segundo relações de equivalência em queda perturbada e em que ùnicamente se atende a variações na densidade das espécies minerais em estudo, ou, conjuntamente, a estas variações e à influência da forma dos grãos.*

BIBLIOGRAFIA

C. Ratel — Préparation Mécanique des Minerais. H. Dunod, 1908.

J. Roux - Brahic — Ateliers modernes de Preparation Mécanique des Minerais. Dunod, 1922.

R. Richards and C. Locke — Textbook of Ore Dressing. Mc Graw-Hill Book Co. Inc., 1940.

J. Finkey — The Scientic Fundamentals of Gravity Concentration O. P. University of Missouri, 1930.

A. M. Gaudin — Principles of Mineral Dressing. Mc Graw-Hil Book Co. Inc., 1939.

A. M. Cerveira — Diagramas de Preparação de Minérios, 1948.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91,6 % dos totais do País.*

MARÇO

I — Breve nota mensal

No corrente mês o regime hidrológico verificado foi húmido, um pouco superior ao regime hidrológico médio.

Não há qualquer outro facto de realce a assinalar.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1956	1957	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	171,3	191,7	+ 12
Produção térmica (P_t)	0,0	0,0	–
Produção total (P_T)	171,3	191,7	+ 12
Cons. electroquímico (C_{eq}) (1)	44,0	51,7	+ 18
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	122,4	131,3	+ 7
Consumo total (C_T) . . . . (1)	166,4	183,0	+ 10

b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1957

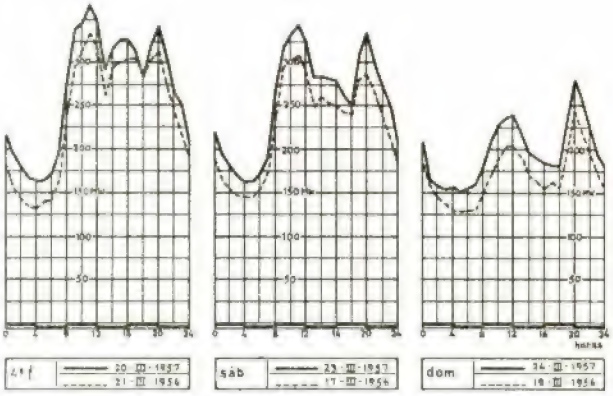
	1956	1957	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	516,0	475,4	— 8
Produção térmica (P_t)	3,3	51,4	–
Produção total (P_T)	519,3	526,8	+ 1
Cons. electroquímico (C_{eq}) . (1)	128,3	83,7	— 35
Cons. permanentes (C_p) . . . (1)	376,0	414,1	+ 10
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	504,3	497,8	— 1

Nota:

(1) Vidé nota referente ao mês de Janeiro de 1957.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira:	
	21-3 956	20-3-957
Produção hidráulica (P_h) — MWh	5915	6554
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	5915	6554
Utilização da ponta (U) — horas	17,3	17,8
Factor de carga (α)	0,72	0,74
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,39	0,44



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês.

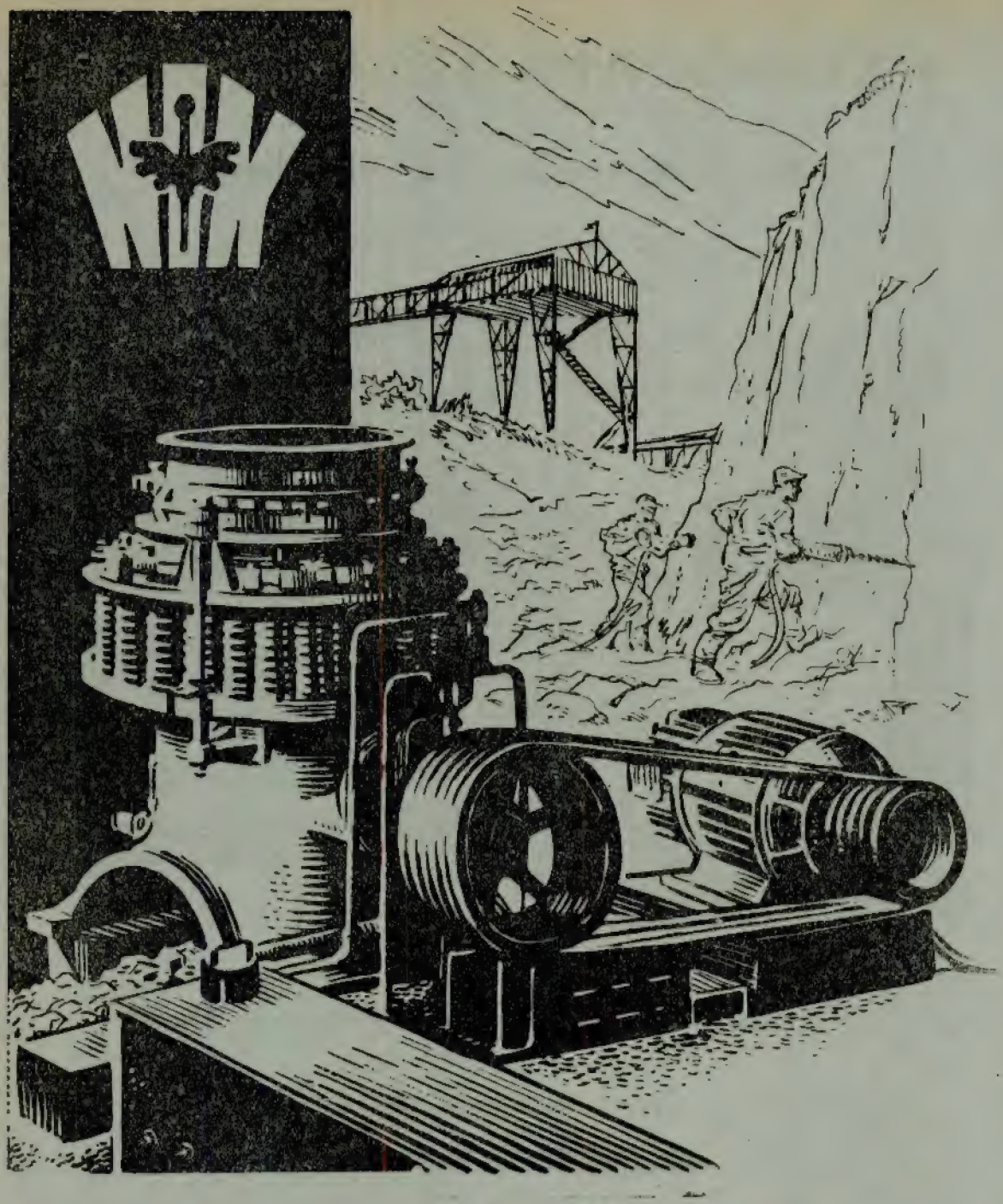
Albufeira	Energia armazenada	
	GWh	% (1)
Venda Nova	125,2	97,8
Salamonde	26,2	94,8
Caniçada	27,1	82,0
Guilhofrei	8,3	100,0
Lagoa Comprida	24,7	84,3
Santa Luzia	44,7	72,5
Cabril	324,2	95,6
Castelo do Bode	158,0	96,9
Pracana	12,1	95,4
Póvoa	10,6 (2)	80,4
Total	764,8	92,4

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras, definido pela relação

$$\frac{\text{Energia armazenada}}{\text{Máx. energia armazenável}} \times 100\ \%$$

(2) Inclui 1,6 GWh armazenados no açude do Poio.



APARELHAGEM PARA TRITURAÇÃO MOLDAGEM, CLASSIFICAÇÃO, FLUTUAÇÃO, FILTRAGEM E MUITOS OUTROS TRABALHOS NO TRATAMENTO DOS MINÉRIOS

EXPORTADA POR:

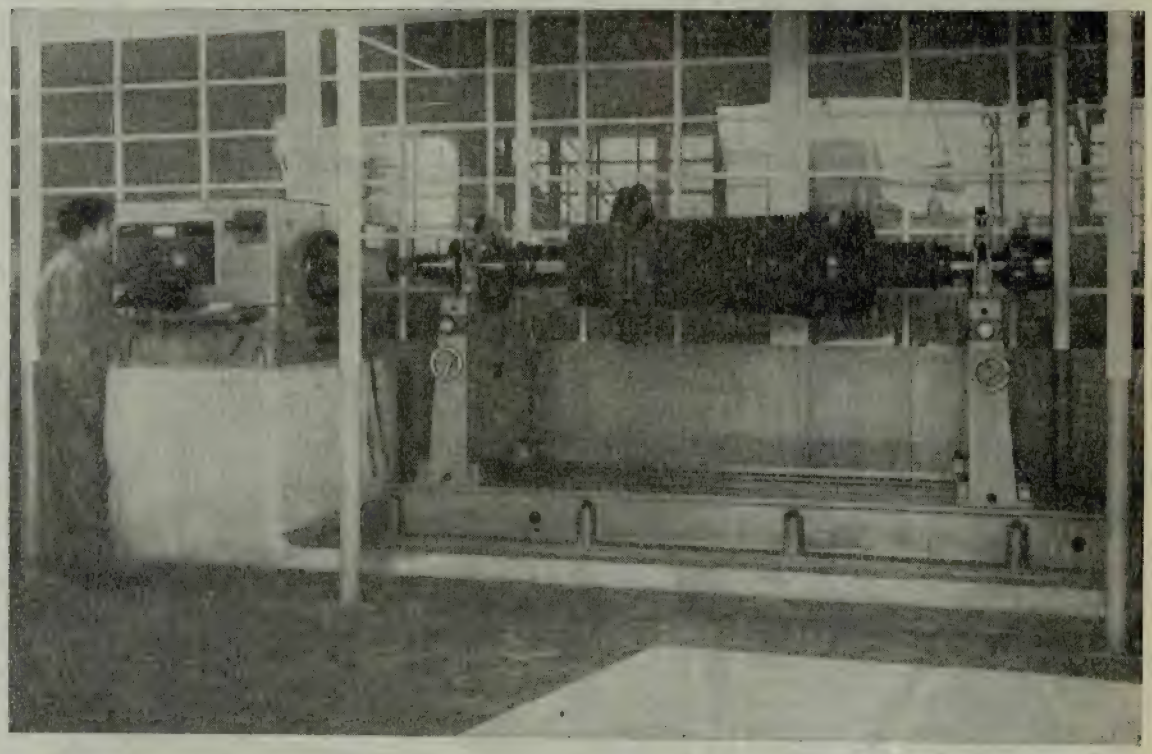
NIKEX **Sociedade Húngara para o Comércio Externo da Indústria Pesada**

BUDAPESTE 4. ◆ B. P. 103 ◆ HUNGRIA

Telegramas: **NIKEXPORT / BUDAPESTE**

A COMPANHIA UNIÃO FABRIL

põe à disposição dos seus clientes no Estaleiro Naval:



— Uma oficina de Ensaios e Reparação Diesel

— Uma máquina electrodinâmica de equilibragem para rotores de 30 a 3000 Kgs. — 2 M. de diâmetro máximo — 3,420 m. entre apoios.

ROCHA DO CONDE DE ÓBIDOS

LISBOA

Telef. 66 21 48

C. D. U. 628.28

LIMPEZA DE REDES DE ESGOTOS: DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS DE DESCARGA

POR ARMANDO LENCASTRE

Engenheiro Civil (I. S. T.)
Chefe da Secção de Hidráulica Fluvial do Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Assistente de Hidráulica do I. S. T.

A obra de saneamento, a levar a efeito no País, é extraordinàriamente vasta. A sua eficiência e economia resultará fundamentalmente da concepção geral de cada um dos projectos e da boa pormenorização de cada uma das partes que constituem uma rede de esgotos.

As presentes notas destinam-se a estabelecer normas para o desenvolvimento de sistemas automáticos de descarga para câmaras de correntes de varrer, de modo a assegurar-se o automatismo mesmo para caudais pequenos como em geral é exigido pelas disponibilidades de água dos pequenos aglomerados.

A base deste estudo foi um pedido feito ao L. N. E. C. pela Direcção dos Serviços de Salubridade, Repartição de Saneamento, no sentido de se estudar o mau funcionamento de alguns dispositivos automáticos de descarga.

Os pedidos frequentes de esclarecimentos feitos por entidades particulares ao L. N. E. C. sobre este assunto, aconselham a publicação destas notas.

1 — *Dispositivos do tipo I (sem sifão auxiliar)*

Considere-se o dispositivo representado esquemàticamente na fig. 1 (dispositivo sem sifão auxiliar). Para efeito de sistematização e exposição considerar-se-ão 3 partes fundamentais: a câmara A, a campânula B e o sifão C.

Tome-se para o estado inicial o que corresponde à posição dos níveis de água, na câmara, na campânula e no sifão, imediatamente após uma descarga. Represente-se por *1* este estado inicial. Os níveis de água são iguais em A e B. São também iguais os níveis de água nos dois ramos do sifão C. O volume V_1 de ar no interior será a soma do volume contido na campânula V_1' e o volume contido no tubo V_1'' (deduz-se, evidentemente a parte de tubo contida no interior da campânula): $V_1 = V_1' + V_1''$.

Este volume está sujeito à pressão atmosférica P.

Considere-se que, devido ao caudal de alimentação o nível sobe na câmara A (estado intermédio *2*). Os níveis em B e C serão os indicados no esquema. O ar contido na campânula e no sifão ficará sujeito, em relação à pressão atmosférica, a uma pressão, dada em coluna de água, pelo valor da diferença de nível entre o exterior e o interior, que se representa por x. Devido a esta compressão o novo volume de ar $V_2 = V_2' + V_2''$ será menor que V_1.

Entre V_1 e V_2 existirá a seguinte relação:

$$V_1 P_1 = V_2 P_2$$

ou

$$V_1 \times P = V_2 (P + x)$$

Se a campânula for cilíndrica de raio R, e o raio do tubo for r, será, desprezando a espessura deste

$$V_1 = \pi R^2 m + \pi r^2 n$$
$$V_2 = \pi R^2 (m - y + x) + \pi r^2 (n + y)$$

donde:

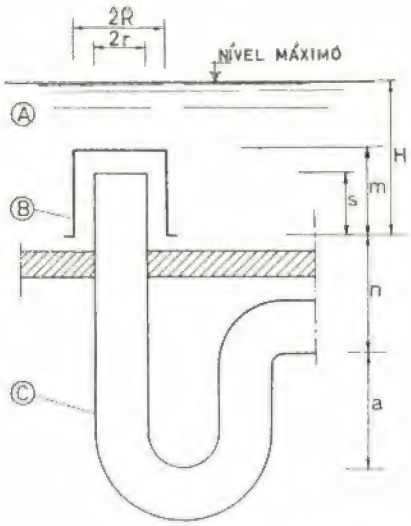
$$(R^2 m + r^2 n) P = [R^2 (m - y + x) + r^2 (n + y)] (P + x)$$

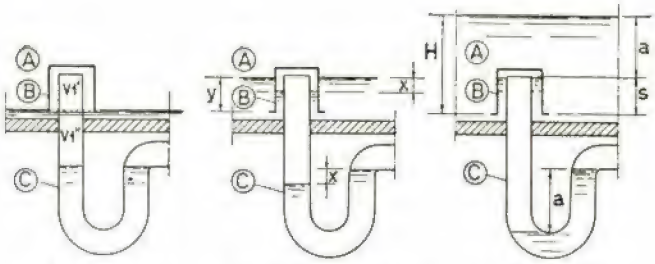
Vem pois:

$$y = x \cdot \frac{(P + x) R^2 + (R^2 m + r^2 n)}{(R^2 - r^2) (P_a + x)} =$$

$$= x \left[\frac{R^2}{K^2 r^2} + \frac{1}{P + x} \frac{R^2 m + r^2 n}{R^2 - r^2} \right] =$$

$$= x \left[K_1 + \frac{1}{P + x} K_2 \right]$$





1 — Estado inicial 2 — Estado intermédio 3 — Estado final

Normas de dimensionamento

$$K_1 = \frac{R^2}{R^2 - r^2} \qquad K_2 = \frac{R^2 m + r^2 n}{R^2 - r^2}$$

Será

$$H = a\left[K_1 + \frac{1}{P + a} K_2\right] \simeq K_1 a$$

$$s > H - a$$

Fig. 1 — Dispositivo sem sifão auxiliar (tipo I). Funcionamento e normas de dimensionamento

Verifica-se que para obter uma dada compressão x é necessário atingir um nível de água na câmara, y, função de x e de 4 parâmetros da geometria do sistema: o raio da campânula R; o raio do tubo do sifão r; a altura da campânula m; e a profundidade do sifão n. Estes quatro parâmetros traduzem-se pelos coeficientes

$$K_1 = \frac{R^2}{R^2 - r^2} \quad \text{e} \quad K_2 = \frac{R^2 m + R^2 n}{R^2 - r^2}$$

Continuando a subir o nível de água na câmara, aumenta a compressão até ao ponto em que $x = a$, sendo a o comprimento dos ramos do sifão (Fig. 2, posição 3).

Neste ponto, e desprezando-se os efeitos de capilaridade que para os diâmetros habitualmente empregados no tubo do sifão já não se fazem sentir, há tendência para libertação de algumas bolhas de ar e consequente diminuição da compressão.

Para $x = a$, vem

$$H = Y_a = a\left[K_1 + \frac{1}{P + a} K_2\right]$$

O nível de água na câmara é, nesta ocasião, função dos parâmetros geométricos anteriormente referidos, e de um novo parâmetro a, a que chamamos altura do sifão.

A diferença de nível entre o interior da campânula e o exterior é a.

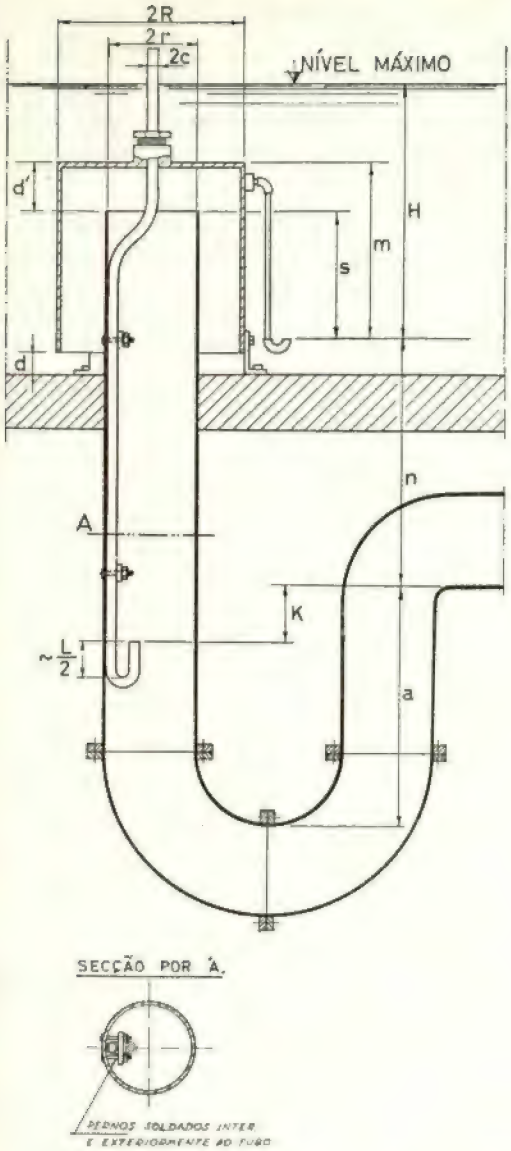
Represente-se por s a dimensão, indicada na fig. 1, que define a posição superior do tubo C; podem dar-se os seguintes casos

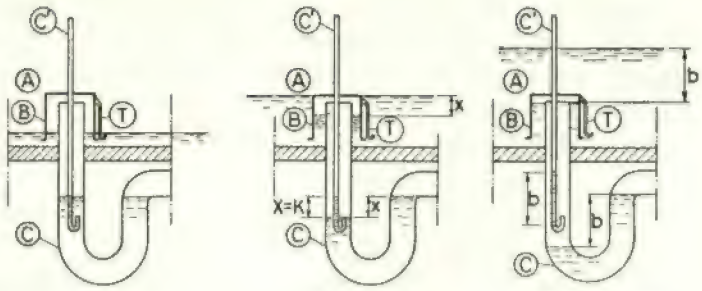
$$s < H - a$$
$$s \simeq H - a \text{ (ligeiramente superior)}$$
$$s > H - a$$

Se for $s < H - a$, verifica-se que, antes que se atinja a compressão máxima a, o nível de água atingiu o nível superior do tubo e começa a descarregar.

Nestas condições ou o caudal de alimentação é suficiente para arrastar o ar da campânula reduzindo a pressão no interior desta e originando um novo aumento de caudal, visto que no exterior o nível está mais alto, até provocar o escorvamento do sifão; ou o caudal de alimentação é relativamente pequeno, o que geralmente por razões económicas se pretende, e todo o caudal afluido é descarregado pelo próprio tubo sem arrastamento de ar e já não é possível escorvar o sifão.

No caso de ser $s > H - a$, libertam-se inicialmente umas bolhas de ar, pela parte inferior do sifão C e há tendência para se restabelecer imediatamente o equilíbrio no interior. Este equilíbrio ocasiona uma subida de água dentro da campânula que, se atingir o bordo superior de modo a originar uma descarga capaz de arrastar o ar, provocará o escorvamento do sifão. Se não





1 — Estado inicial 2 — Estado intermédio 3 — Estado final

Normas de dimensionamento

$$K_1 = \frac{R^2 - c^2}{R^2 - r^2} \simeq \frac{R^2}{R^2 - r^2}$$

$$K_2 = \frac{(R^2 - c^2)\, m - (r^2 - c^2)\, n}{R^2 - r^2} \simeq \frac{R^2 m - R^2 n}{R^2 - r^2}$$

$b = K + L$ (L é o desenvolvimento da curva do sifão auxiliar)

Será:

$$H = b \left[K_1 + \frac{1}{P + b} K_2 \right] \quad (P - \text{pressão atmosférica})$$

$$s \geqslant H - b \qquad\qquad a > b$$

Convém que:

$$d \geqslant \frac{r^2}{R} \; ; \quad d' \geqslant r \; ; \quad R^2 \geqslant 2\, r^2$$

Fig. 2 — Dispositivo com sifão auxilar (tipo II). Funcionamento e normas de dimensionamento

se conseguir a descarga, recomeça o fenómeno de compressão até esta atingir o valor *a* à custa de uma nova subida de água na câmara; simultâneamente a água subirá no interior da campânula, repetindo-se as considerações anteriores.

Vê-se, consequentemente, que um dispositivo automático projectado nestas condições poderá funcionar algumas vezes para caudais relativamente pequenos, mas só funcionará sempre, e com segurança, se o caudal de alimentação for elevado.

Verificou-se experimentalmente no L. N. E. C. que o caudal que assegura o funcionamento permanente do sistema é de cerca de 3.000 litros por dia.

Notou-se também que era indispensável, para que os ciclos se repetissem, que no final de cada descarga se estabelecesse a pressão atmosférica no interior do sistema o que nem sempre se verificava.

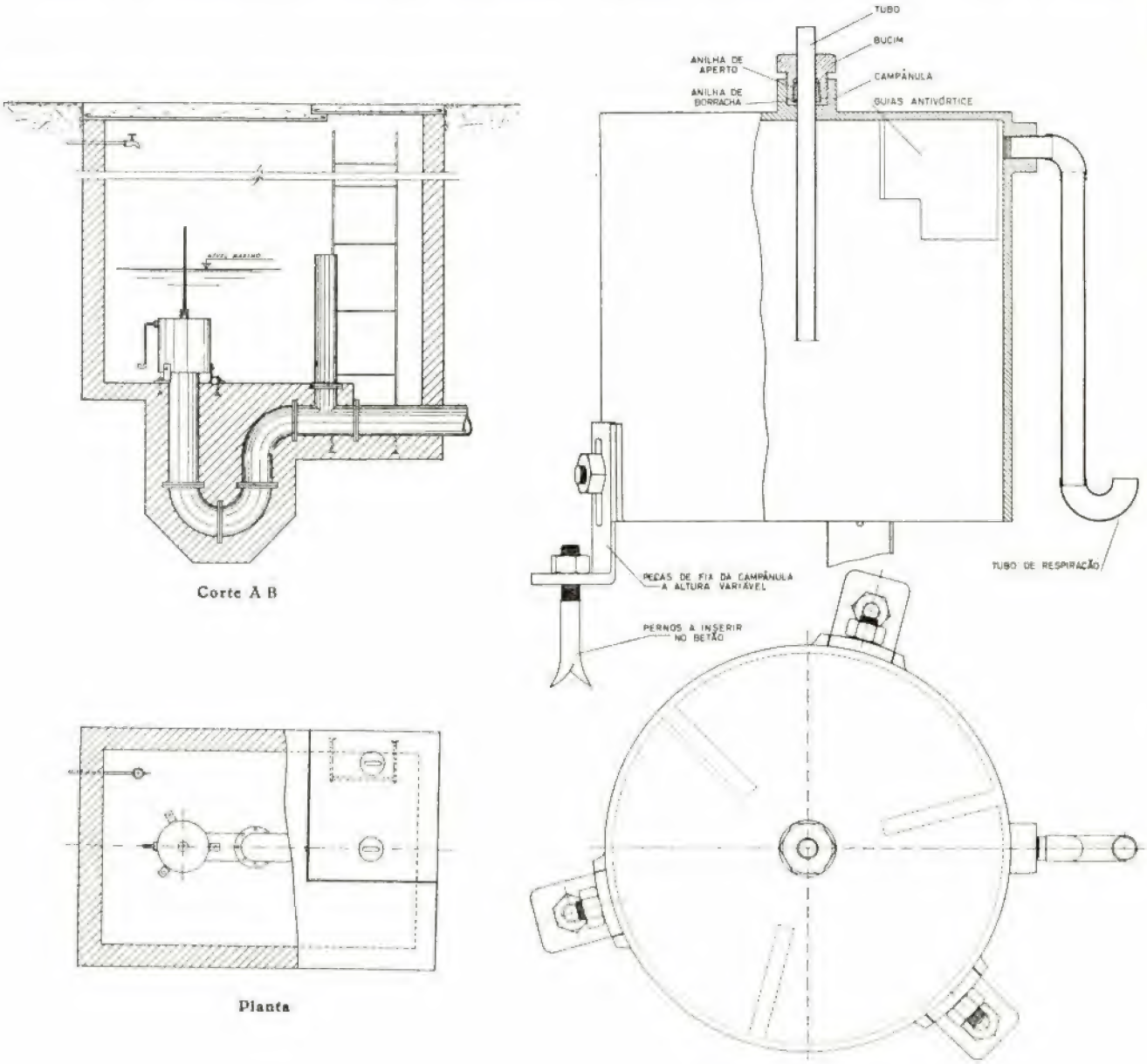
2 — *Dispositivos do tipo II (com sifão auxiliar)*

O estudo em modelo à escala 1/2 do dispositivo anterior, mostrou que as modificações efectuadas no sentido de melhorar as formas hidráulicas do sistema, em pouco afectavam o valor do caudal que assegurava o seu bom funcionamento. Constatou-se, sim, que a melhor maneira

de assegurar o automatismo da descarga para pequenos caudais consiste em utilizar um sifão auxiliar, em que um dos ramos abre no interior da campânula ou do tubo, numa zona onde se dá a compressão.

No L. N. E. C. estudou-se o dispositivo representado na fig. 2. O sistema é idêntico ao descrito anteriormente, mas está provido de um sifão auxiliar *C'*. Além disso, a fim de se restabelecer o equilíbrio de pressões no final da cada descarga, prevê-se um tubo *T*, com a abertura virado para a parte superior, a fim de melhor facilitar a entrada do ar e a um nível ligeiramente superior ao bordo da campânula. Chamar-se-á *L* ao desenvolvimento dos braços do sifão auxiliar.

Representar-se-á por *K* a distância entre a extremidade mais baixa do sifão auxiliar e o nível de saída do sifão *C*. No estado inicial *1* os níveis de água na câmara e na campânula são iguais



Corte A B

Planta

Pormenor da campânula

Nota: O espaço em que se dá a compressão do ar deve ser absolutamente vedado. Deve por isso evitar-se a construção do sifão com tubos de grês, sendo preferível o uso de ferro fundido.

Fig. 3 — Dispositivo com sifão auxiliar (tipo II). Pormenores construtivos

devendo rasar o bordo superior do tubo T de arejamento. São também iguais os níveis de água nos dois sifões: o sifão C e o sifão auxiliar C'.

Subindo o nível em A, (estado intermédio 2) comprime-se, tal como no caso anterior, o ar no interior da campânula, dum valor x igual á diferença de nível entre o interior e o exterior.

Fixe-se a posição 2 no ponto $x = K$.

Os diversos níveis são então os indicados na fig. 2. No interior do sifão C' existe uma coluna de líquido igual a $L + K$.

Continuando a compressão, esta atingirá um valor máximo $b = L + K$ (Posição 3).

Para um pequeno acréscimo de pressão dá-se um desiquilíbrio no sifão auxiliar no qual não se pode verificar uma compressão maior que $L + K$, devido à falta de coluna de líquido, dando-se a expulsão da água e uma saída de ar, que tenderá a restabelecer a pressão atmosférica no interior da campânula. Neste caso e devido ao facto de o nível exterior ser superior ao interior, dá-se o escoamento automático e consegue-se que o sistema funcione pràticamente para qualquer caudal, desde que o diâmetro do tubo do sifão C' seja suficientemente pequeno a fim de que, devido aos fenómenos capilares, não seja possível uma saída do ar através da água, como sucedia no caso descrito anteriormente e se dê o arrastamento total da água contida no interior de C'. O nível de água na câmara A será então

$$H = b\left(K_1 + \frac{1}{P + b} K_2\right)$$

As constantes K_1 e K_2 têm as mesmas expressões que anteriormente, com a condição de que as medidas referenciadas ao bordo inferior da campânula sejam referenciadas ao bordo superior do tubo de arejamento.

Em vez de R^2 deve tomar-se $R^2 - c^2$ em que c é o raio do sifão auxiliar, para diminuir o volume ocupado por este na hipótese de este estar colocado no interior da campânula.

É pois

$$K_1 = \frac{R^2 - c^2}{R^2 - r^2}$$

$$K_2 = \frac{(R^2 - c^2)\ m + (r^2 - c^2)\ n}{R^2 - r^2}$$

Para o bom funcionamento torna-se necessário que se verifiquem as condições seguintes:

a) Que na posição final 3, o nível da água em B não tenha ainda atingido o bordo superior do tubo C, isto é que

$$s > H - b$$

sendo

$$b = L + K$$

b) Que na mesma posição o nível de água em C não tenha atingido ainda a parte inferior do sifão, o que ocasionaria uma fuga de ar, não permitindo que a pressão no interior da campânula atingisse o valor $b = L + K$.

c) Que a água no interior da câmara A esteja superior ao bordo superior do sifão C, de modo que quando se restabelece a pressão no interior da campânula, haja escoamento.

d) — Que no final da descarga a pressão no interior da campânula seja a pressão atmosférica, a fim de se voltar ao estado inicial 1 e se ter assegurada a continuidade do funcionamento automático.

É também aconselhável que não haja em alguma zona do escoamento uma secção inferior à secção do tubo do sifão C.

Assim:

a) — A distância d entre o bordo inferior da campânula e o fundo da câmara deverá satisfazer teòricamente a:

$$2\pi R d > \pi r^2$$

ou

$$d > \frac{r^2}{2R}$$

Atendendo no entanto ao coeficiente de contracção, devido à grande curvatura dos filetes nesta zona, convirá que seja

$$d > \frac{r^2}{R}$$

b) — A distância d' entre a parte superior da campânula e o bordo superior do tubo c, deverá obedecer $2\pi r d' > \pi r^2$

ou

$$d' > \frac{r}{2}$$

e tendo do mesmo modo em atenção a contracção virá

$$d' > r$$

c) — A relação entre os raios da campânula e do tubo deverá ser tal que

$$\pi (R^2 - r^2) \geqslant \pi r^2$$

ou

$$R^2 \geqslant 2 r^2$$

O caudal descarregado poderá computar-se aproximadamente pela fórmula $Q = C S \sqrt{2g (H + n)}$ em que S é a secção do tubo C e $(H + n)$ a carga sobre a extremidade de saída deste tubo, no momento da descarga. O valor de C varia com a geometria do sistema; nos dispositivos ensaiados no Laboratório obteve-se sempre $C > 0{,}4$, podendo tomar-se este valor, dentro da segurança.

Neste sistema é possível variar o valor de compressão ao fim da qual se dá a descarga, variando o comprimento K para o que basta subir ou descer o sifão c'. Isto facilita uma afinação local, no caso de necessidade.

Este dispositivo equipado com sifão auxiliar, funcionou com regularidade para os caudais mínimos para que foi ensaiado da ordem de 300 litros por dia, podendo esperar-se, o que talvez não tenha interesse, que funcione para caudais ainda menores. O diâmetro $2c$ do sifão auxiliar C', que garantiu bom funcionamento nos ensaios realizados era de 3/8", admitindo-se pequena variação à volta deste valor. Em princípio será aconselhável o diâmetro de 1/4" a 1/2".

Apresenta-se a seguir um exemplo de dimensionamento dum dispositivo com sifão auxiliar do tipo descrito:

Faça-se:

$R = 12$ cm; $r = 7$ cm; $c = 1$ cm; $K = 5$ cm;

$L = 20$ cm; $m = 23$ cm; $n = 31$ cm.

Virá:

$R^2 = 144$; $r^2 = 49$; $c^2 = 1$; $R^2 - c^2 = 143$;

$R^2 - r^2 = 95$; $(R^2 - c^2)\, m = 3299$; $(R^2 - c^2)\, n = 1488$

e

$$K_1 = \frac{R^2 - c^2}{R^2 - r^2} = 1{,}51$$

$$K_2 = \frac{(R^2 - c^2)\, m + (r^2 - c^2)\, n}{R^2 - r^2} = 50{,}2$$

Se neste exemplo não tivermos em consideração o efeito do sifão C' nos volumes em jogo, virá:

$$K_1 = \frac{R^2}{R^2 - r^2} = 1{,}52$$

$$K_2 = \frac{R^2 m + r^2 n}{R^2 - r^2} = 50{,}9$$

Vê-se que o erro que se comete é pràticamente desprezável.

Será pois

$$H = b \left[K_1 + \frac{1}{P + b} K_2 \right] =$$

$$= 25 \left[1{,}52 + \frac{1}{P + 25} \times 50{,}9 \right]$$

A pressão atmosférica poderá tomar-se aproximadamente igual a 10 m de coluna de água, ou sejam 1 000 cm.

Donde

$$H = 25 \left[1{,}52 + \frac{1}{1025} \times 50{,}9 \right] = 39{,}2$$

Verifica-se ainda que a segunda parcela é relativamente pequena, podendo tomar-se, num cálculo aproximado

$$H = K_1 b$$

Das outras condições, vem

$$s > H - b \quad ; \quad s > 15 \text{ cm}$$
$$a > b \quad ; \quad a > 25 \text{ cm}$$

Poderiam fixar-se os seguintes valores:

$H = 45$ cm; $s = 17$ cm; $a = 32$ cm

Devem verificar-se também as relações secundárias

$$d \geqslant \frac{r^2}{R} = \frac{49}{12}$$

$$d' \geqslant r = 7 \text{ cm}$$

$$R^2 \geqslant 2 r^2$$

Tomou-se

$$d = 5 \qquad d' = 8 \text{ cm}$$

3 — *Dispositivo tipo III (compressão muito baixa)*

Sirva de exemplo o dispositivo indicado na fig. 4, correspondente a um tipo à venda no mercado. Neste caso a compressão máxima será $a = 0{,}05$ m. Este valor é, neste caso, muito pequeno comparado com a altura da campânula. Quando a água sobe na câmara vai-se criando uma compressão; quando esta compressão atinge o valor a, dá-se uma libertação de ar e restabelece-se o equilíbrio entre a parte interior e exterior da campânula. O fenómeno repete-se até que o nível na câmara esteja superior ao nível do bordo superior do tubo. Se nessa altura se verificar uma nova saída de ar, a água sobe no interior da campânula e estabelece-se a descarga. Pode porém suceder que se não atinja, no interior da campânula, o bordo superior do tubo quando se está ainda longe da compressão a; nestas condições o caudal começará a descarregar-se por cima e só se for suficientemente grande de modo que seja capaz de por si só arrastar o ar, é que se garante o automatismo do sifão.

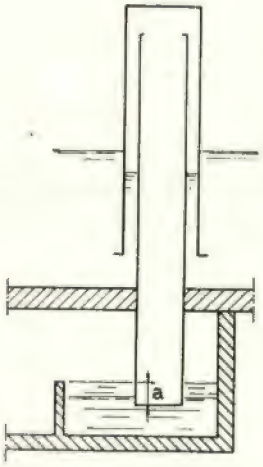


Fig. 4 — Dispositivo de compressão baixa (tipo III)

O caudal mínimo para o qual se constatou o funcionamento permanente deste dispositivo foi de cerca de 3.000 litros por dia.

4 — *Dispositivo com descarga suplementar*

A fim de evitar os inconvenientes apontados, pode provocar-se próximo do fim da compressão, um acréscimo grande no caudal de alimentação, ficando deste modo assegurado o escoamento do sifão e consequentemente o automatismo da descarga.

Este acréscimo de caudal pode obter-se à custa de um sistema de bóia ligado a uma válvula; à custa de um depósito basculante; ou à custa de uma câmara auxiliar de menores dimensões e consequentemente funcionando com menor caudal e que descarrega na câmara maior. Assim, esta vai-se enchendo intermitentemente, a partir das descargas de câmara auxiliar até ao ponto em que uma descarga desta provoca o escoamento da câmara maior; por outras palavras esta funciona como se o seu caudal de alimentação fosse igual ao caudal de descarga da câmara menor.

Este sistema pode ser de grande utilidade para assegurar o funcionamento de dispositivos do tipo I ou III, designadamente deste último.

5 — *Disposições construtivas*

a) Para o bom funcionamento dum dispositivo de descarga automático, é indispensável que o espaço, em que se dá a compressão do ar, seja absolutamente vedado de modo a não haver qualquer fuga de ar. Com efeito como o processo da compressão é, por economia do caudal, na maioria dos casos, extremamente lento, qualquer pequena porosidade pode permitir a saída de ar, anulando o efeito da compressão.

Assim será de pôr de lado, a não ser que se tomem precauções especiais, a construção do sifão em tubos de grês, com juntas de argamassa. Preferível seria fazer uma peça única de ferro fundido.

O emprego de tubos de ferro galvanizado poderá ser aconselhável, tomando-se todas as precauções para assegurar a vedação perfeita nas uniões. Na fig. 3, apresentam-se alguns pormenores construtivos, para um dispositivo tipo II.

b) É também necessário que ao fim de cada descarga se volte ao estado inicial (pressão atmosférica na campânula). Entre vários dispositivos ensaiados o mais eficaz consiste numa abertura lateral, do tipo da indicada na fig. 2 e pormenorizada na fig. 3.

c) Deve prever-se a possibilidade de uma afinação local de alguns parâmetros geométricos. Uma afinação fácil faz-se permitindo a subida

ou descida da campânula. Isto permite variar os parâmetros m e n que como vimos só entram na constante K_2 que pouca influência têm no dimensionamento do sifão.

Outra afinação fácil de realizar consiste em subir ou descer o sifão auxiliar C' o que permite variar o parâmetro K.

6 — *Conclusões*

Do exposto, poderá concluir-se:

a) Os dispositivos, tipo I que não estão providos de sifão auxiliar, só funcionarão dum modo permanente e regular para caudais elevados (da ordem dos 3.000 l/dia).

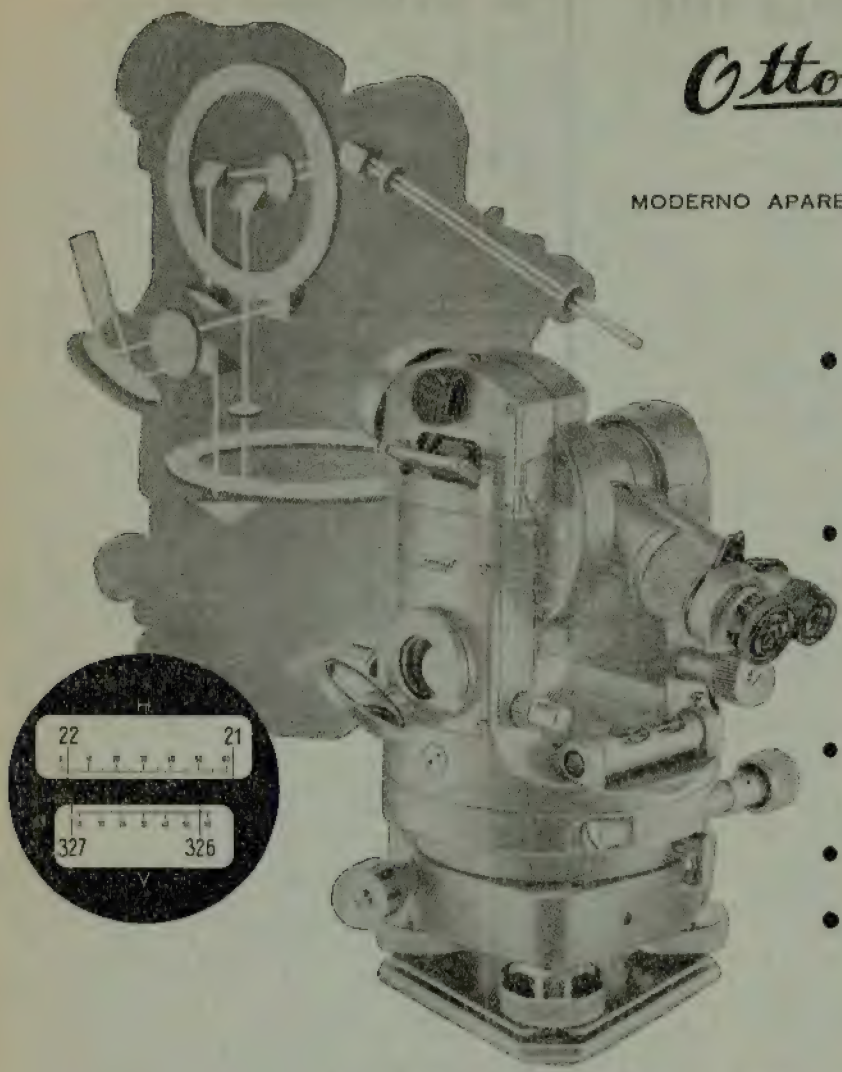
Um modo de os fazer funcionar com caudais mais pequenos será equipá-los com um sifão auxiliar, para o que, poderá ser suficiente a substituição ou adaptação da campânula a um dispositivo tipo II.

b) Os dispositivos tipo II, se construtivamente estiverem bem realizados, deverão funcionar para caudais pequenos (da ordem dos 300 l/dia). É muito importante a perfeita estanqueidade da zona onde se dá a compressão.

c) Os dispositivos tipo III só terão funcionamento permanente e regular para grandes caudais (da ordem dos 3.000 l/dia). O sistema que se preconiza para o seu funcionamento com caudais menores será equipá-los com câmaras pequenas do tipo II que descarregam na câmara tipo III. Assim será possível obter um funcionamento regular para caudais muito pequenos.

Poderá também equipar-se com qualquer sistema mecânico que, no final da descarga, aumente consideràvelmente o caudal de alimentação.

TEODOLITO TAQUEOMÉTRICO FTI



Otto-Fennel

MODERNO APARELHO DISPONDO DE:

- Observação simultânea dos dois limbos pelo microscópio colocado ao lado da ocular da objectiva
- Leitura por sistema directo de 1c e décimos por estimativa
- Leitura do nível vertical por coincidência
- Prumo óptico
- Grande luminosidade

Características ópticas e mecânicas

Telescópio analáctico com lente de focagem interna, retículo medidor de distância, telescópio reversível com o extremo da objectiva.

Constante de adição	zero
Constante de multiplicação	100
Comprimento do telescópio	190 mm
Abertura da objectiva	36 mm
Ampliação	28 x
Distância mínima de mira	1 m
Nível redondo	6′ a 8′
Nível de reversão	30″
Nível de horizontalidade paralelo ao eixo de inclinação	40″

Nível junto ao círculo vertical legível por ajustamento da coincidência 40″. Passo circunferencial sobre círculos de vidro 360° ou 400g, de 1° ou de 1g.

Diâmetro do círculo horizontal 90 mm, do círculo vertical 70 mm

Leitura directa horizontal	1′	1c
Leitura por avaliação	1′	1c
Leitura directa vertical	0,1′ = 6″	0,2c = 20cc
Leitura por avaliação	0,2′ = 12″	0,25c = 25cc

Pesos: Instrumento 4,7 kg, Tripé com pés extensíveis 6,0 kg, Caixa metálica 4,0 kg

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES

L. DO RATO, 13—TELEF. 66 11 16—7 LINHAS—R. DO OURO, 145—TELEF. 28361

LISBOA

Manual de Hidráulica Geral

Sintese teórica

Tabelas e Abacos

Formulário poliglota

Pelo Eng.º Armando Lencastre

Chefe da Secção de Hidráulica do L. N. E. C
Assistente do I. S. T.

CONTÉM:

1 — Constantes físicas. Parâmetros adimensionais. Conversão de unidades

2 — Princípios gerais da Hidráulica

3 — Hidrostática

4 — Escoamentos em pressão

5 — Escoamentos em superfície livre. Regime uniforme

6 — Escoamentos em superfície livre. Regime permanente.

7 — Escoamentos por orifícios

8 — Escoamentos por descarregadores

9 — Medidas hidráulicas

10 — Bombas.

EDIÇÃO DA «TÉCNICA»

A aparecer brevemente

J. B. FERNANDES & C.ª, L.DA

CASA FUNDADA EM 1781

Telefones P. P. C. 32591/5

Largo de S. Julião — LISBOA

*

Sempre em "stock" aos melhores preços:

— Tubos para água, galvanizados e pretos.
— » de aço sem costura para alta pressão.
— » » » » » » vapor.
— » » » para caldeiras.
— » » largos diâmetros para poços.
— » » cobre, latão, de aço inox.
— Acessórios para tubos.
— Chapa de aço inoxidável.
— » » ferro chumbado.
— » macia super-estanhada.
— » galvanizada, lisa e ondulada.
— » de alumínio ondulada para cobert.ras
— » » ferro, fina, média e grossa.
— » » » xadrez.
— » » metal Muntz para barcos.
— » » zinco e de chumbo.
— » » aluminio.
— » » cobre.
— » » latão.
— Folha de Flandres.
— Bronze fosforoso de fundição centrifugada em casquilhos e cavilhas.
— Bronze manganês para veios.
— Metal antifricção inglês.
— Arco galvanizado para vazilhame.
— Barramento de ferro em todos os perfis.
— Arco de tanoeiro.
— Arames vulgares, de ferro e zincados.
— Arames de aço inoxidável, de bronze, latão e cobre.
— Ferramentas «BELZER», nas mais modernas concepções para a indústria.
— Brocas, Mandris, Machos e Buchas marca «MAY».
— Solda de todos os tipos para metais ferrosos e não ferrosos.
— Cabos de aço e inoxidável.
— Correntes de ferro e de aço.
— Aparelhos diferenciais.
— Aparelhos eléctricos, de furar, ventoinhas, esmeriladoras, etc.
— Guilhotinas e saca-bocados.
— Macacos hidráulicos.

VASTÍSSIMO SORTIDO DE: FERRAMENTAS, AÇOS, FERRAGENS E METAIS

Lingotes de Bronze / Latão
Cobre-fósforo / Zinco / Estanho
Chumbo / Antimónio, etc.

CUTILARIAS DAS MELHORES MARCAS

ARTIGOS DOMÉSTICOS

C. D. U. 545.81:546.883 [546.82]

DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DO TÂNTALO EM PRESENÇA DO TITÂNIO

POR CECÍLIO EUGÉNIO GRACIAS

Bolseiro do I. A. C. (C. E. E. N.)
Assistente do I. S. T.

SUMARIO

Demonstra-se com o presente trabalho a possibilidade de determinação do tântalo pelo método do pirogalhol em presença de grandes quantidades de titânio sem prévia separação deste, o que permite abreviar a análise dos minérios de tântalo e nióbio. A interferência deste último é desprezável em meio ácido.

SUMMARY

The author shows that it is possible to determine tantalum by the pyrogallol method without separating titanium, even in presence of great amounts of the last element since its interference is linear up to at least 60 %. The analytical process of tantalum ores is thus very much shortened. Niobium practically does not interfere in acid medium.

A — Introdução

O exame da literatura até agora publicada mostra que o melhor método colorimétrico para o tântalo continua a ser, indubitàvelmente, o do pirogalhol, que dá com aquele elemento, em meio ácido, uma coloração amarela. Esta reacção foi observada pela primeira vez pelos russos Platonov, Krivoshlikov, Marakaev (1) que propuseram também a sua aplicação à colorimetria do citado elemento.

Cedo se verificou, porém, que a mais séria interferência era a do titânio e logo os químicos dirigiram os seus esforços no sentido de conseguir a sua eliminação. Dos numerosos trabalhos desde então publicados, o método de Mercer e Wells (2) — separação cromatográfica em coluna de celulose — afigura-se-nos o mais prático de todos.

Não cremos, todavia, que seja tão premente a necessidade da separação de titânio do tântalo e nióbio. O primeiro passo significativo neste sentido foi dado por J. I. Dinnin (3) que propôs um método colorimétrico para o tântalo sem prévia separação de *Ti* e *Nb*. Antes dele, já Palilla, Adler e Hiskey (4) tinham estudado a determinação simultânea de *Ta* e *Nb*, utilizando os seus peroxi-complexos; o método tem porém, o inconveniente de obrigar a trabalhar em meio de SO_4H_2 concentrado.

Em 1954, Norwitz, Codell e Mikula (5) investigaram cuidadosamente as condições óptimas para a colorimetria do tântalo e verificaram que a quantidade de $S_2O_7K_2$ a empregar na fusão dos óxidos de Ta, Ti e Nb influi posteriormente na cor do complexo Ta-pirogalhol, tendo fixado em 7,0 g o peso conveniente daquele fundente; tem igualmente importância o tempo de aquecimento após clarificação da massa em fusão, não devendo exceder 3-5 minutos. A extracção faz-se com solução saturada de $C_2O_4Am_2$. Concluiram também que a quantidade mínima de pirogalhol deve ser de 10 g (por 100 ml). O máximo de absorpção corresponde a 400 mμ, mas os autores propuseram a utilização da risca de 420 mμ.

Quási simultâneamente, Hunt e Wells (6) estenderam o método do pirogalhol ao nióbio, cujo complexo em meio alcalino (SO_3Na_2) toma uma coloração amarela mais intensa do que em meio ácido, ao passo que o do tântalo descora apreciàvelmente. O titânio interfere.

Os métodos usuais de análise de minério contendo tântalo e nióbio conduzem geralmente à separação destes elementos, juntamente com o titânio, sob a forma de óxidos — Ta_2O_5, Nb_2O_5 e TiO_2 — a que chamaremos abreviadamente «óxidos totais».

Se se fizer a determinação colorimétrica do tântalo nestes óxidos totais verifica-se imediata-

mente que a quantidade obtida é superior à realmente existente; esta anomalia deve-se ao facto de que o titânio interfere porquanto também dá um complexo còrado com o pirogalhol, o reagente empregado no citado método.

A extensão desta interferência pode ver-se através do seguinte exemplo, tirado duma observação experimental: Empregando uma solução que contém, *em 100 ml*, 2 mg de Ta_2O_5 e 2 mg de Nb_2O_5 e as seguintes quantidades de reagentes:

7 g de $S_2O_7K_2$
10 g de pirogalhol
60 ml de $C_2O_4Am_2$ sat.

a absorvância lida no espectrofotómetro Beckmann-B é:

$$A_{420\,m\mu} = 0{,}385$$

Outra solução, contendo além das substâncias indicadas, 0,1 mg de TiO_2, mostrou a seguinte absorvância:

$$A'_{420\,m\mu} = 0{,}450$$

A este novo valor corresponderia, na curva de absorção—indicada na Fig. 1 — 2,35 mg de Ta_2O_5 em vez dos 2,0 mg realmente existentes. O êrro respectivo seria:

$$\text{na absorvância}: \frac{\Delta A}{A} = \frac{0{,}450 - 0{,}385}{0{,}385} =$$

$$= 0{,}17 \text{ ou } 17\ \%$$

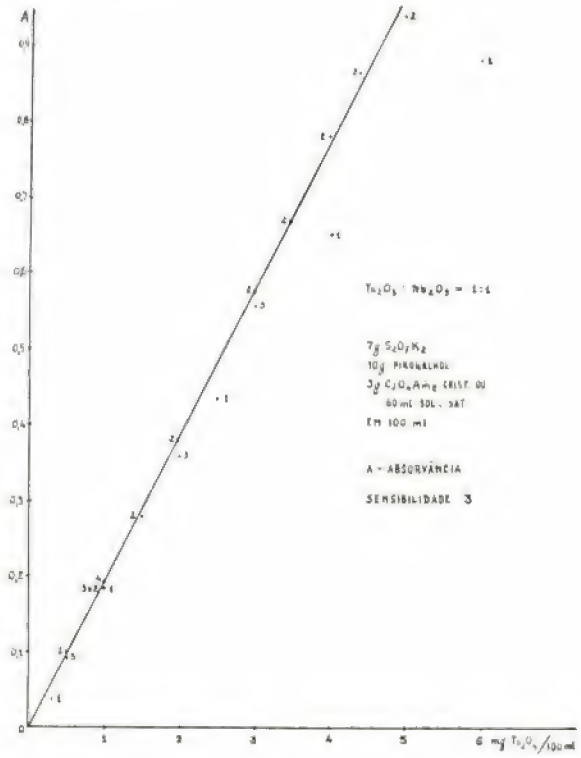
$$\text{no peso de } Ta_2O_5: \frac{\Delta p}{p} = \frac{2{,}35 - 2{,}00}{2{,}00} =$$

$$= 0{,}17 \text{ ou } 17\ \%$$

Se tivermos em atenção o facto de que nos minérios do tipo das tantalites analisados no Laboratório de Química dos C. E. E. N. a relação $TiO_2 : Ta_2O_5$ oscila entre 0 e 0,1 ou mais, torna-se patente a impossibilidade de se determinar o tântalo directamente nos óxidos totais sem a separação prévia do titânio ou sem descontar a interferência deste no método colorimétrico.

B — Estudo da interferência do *Ti* no método colorimétrico

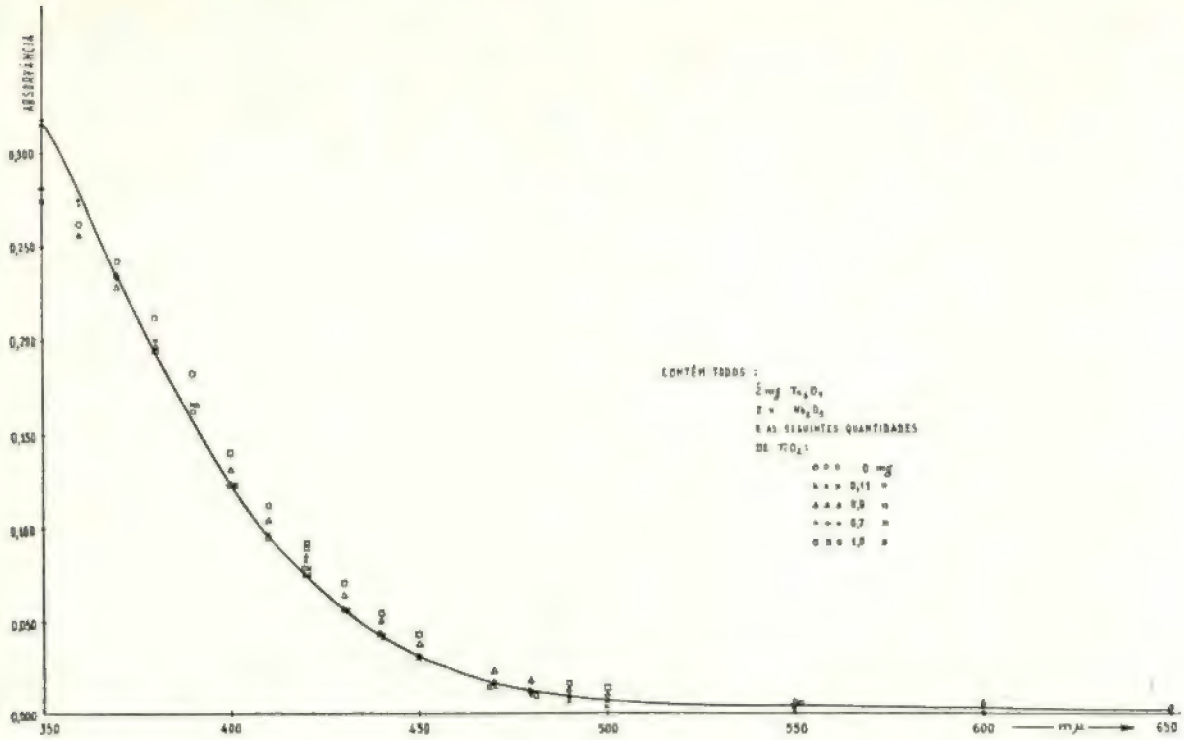
J. I. Dinnin propôs, como dissémos, em 1953, um método colorimétrico de determinação do tântalo com pirogalhol em presença do titânio, em que a absorção do complexo de titânio é consideràvelmente atenuada pela junção de ácido clorídrico até tornar o meio 8 N neste ácido. O aumento de acidez traduziu-se pelo deslocamento do máximo de absorção na zona do ultravioleta próximo (325 mμ), tornando-se necessário o emprego de espectrofotómetros sensíveis a tais radiações, por exemplo, o modelo Beckmann-DU. Para efeitos de análise rotineira, porém, o modelo B é mais conveniente; todavia este não dá para comprimentos de onda inferiores a 350 mμ.



Curva analítica do Ta (pirogalhol), para 420 mμ

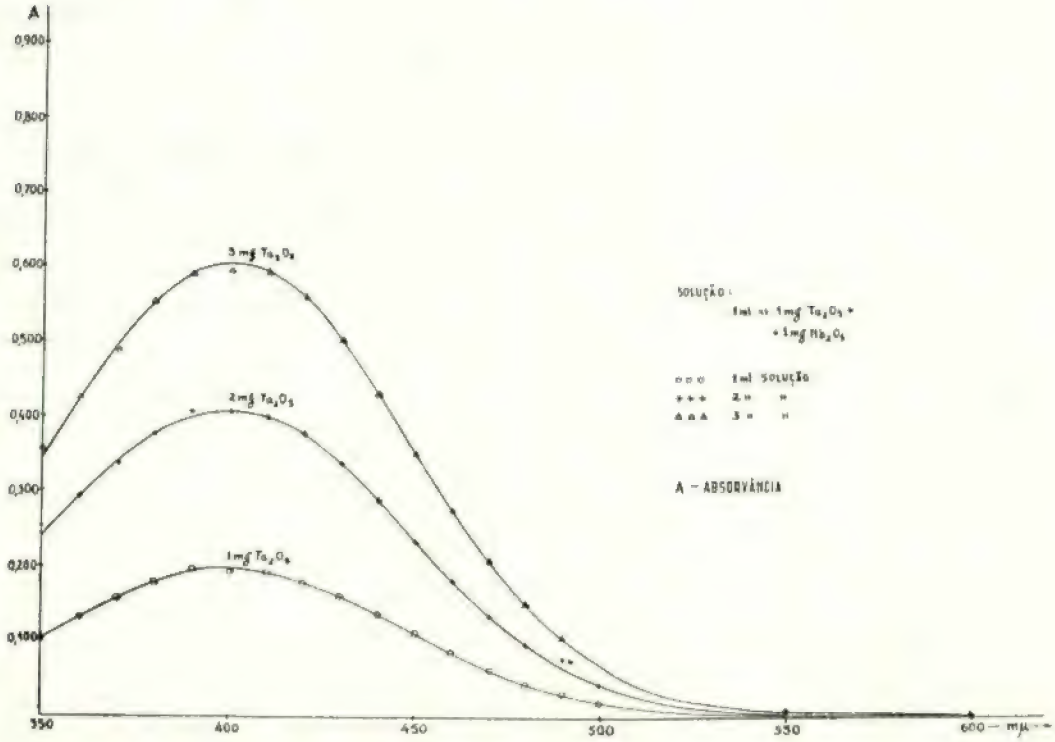
Fig. 1

Com efeito, a adaptação do método de Dinnin ao nosso espectrofotómetro deu os resultados expressos gràficamente na Fig. 2. As soluções empregadas continham todas 2 mg de Ta_2O_5 e 2 mg de Nb_2O_5 e quantidades variáveis de TiO_2 — desde 0 a 1,0 mg, conforme está indicado. Como se vê, não é possível aplicar o método de Dinnin no nosso caso porquanto as absorvâncias mostram grande variação na zona útil do aparelho; por outro lado para 350 mμ, a abertura do diafragma é demasiado grande para permitir exactidão nas leituras («slit» = 1,1 para sensibilidade 3). Verifica-se no entanto que a interferên-



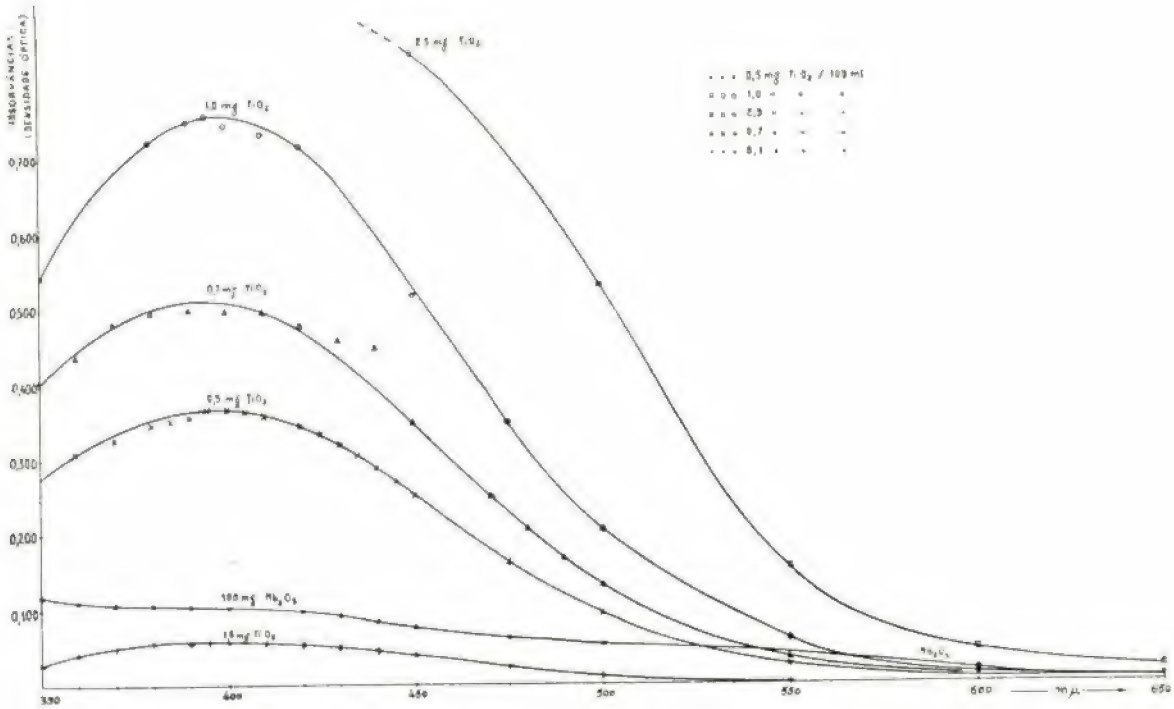
Espectros de absorção de Ta + Nb + Ti com pirogalhol — Método de J. Dinnin (Anal. Chem., 25, pág. 1803 [1953])

Fig. 2



Espectros de absorção de Ta + Nb (sem titânio). Complexos com pirogalhol

Fig. 3



Espectros de absorção do Ti e Nb com pirogalhol (sem tântalo)

Fig. 4

cia do titânio foi bastante reduzida; infelizmente, a sensibilidade da reacção também ficou diminuída; assim para 2,0 mg de Ta_2O_5:

$$A_{420\,m\mu} = 0{,}385 \text{ (sem ClH)}$$

$$A''_{420\,m\mu} = 0{,}076 \text{ (ClH 8 N)}$$

Em face destas conclusões, voltámos ao método até então por nós adoptado e proposto originalmente por G. Norwitz (5). Pensámos então que se as absorvâncias dos complexos de *Ta* e de *Ti* fossem aditivas, seria possível descontar a absorvância deste último e determinar por este processo a quantidade de tântalo presente. O plano seguido era simples:

1.º — Obtenção dos espectros de absorpção dos complexos de *Ta*, *Nb* e *Ti* com o pirogalhol. Vidé Figs. 3 e 4.

2.º — Mantendo constante o teor de *Ta* e *Nb*, variar a quantidade de *Ti*. Vidé Fig. 5.

3.º — Verificar a aditividade das absorvâncias.

Do exame dos resultados obtidos e que foram resumidos nas figuras indicadas, podemos tirar as seguintes conclusões:

a) Os complexos de *Ta* e *Ti* com o pirogalhol têm, nas condições indicadas, o mesmo máximo de absorpção (400 mμ) de acordo com a literatura atrás citada (3,5,6); no caso do titânio, contudo, as absorvâncias são maiores.

b) O complexo de *Nb* mostra fraca absorvância e pode considerar-se desprezável; com efeito, para 100 mg de Nb_2O_5 tem-se apenas:

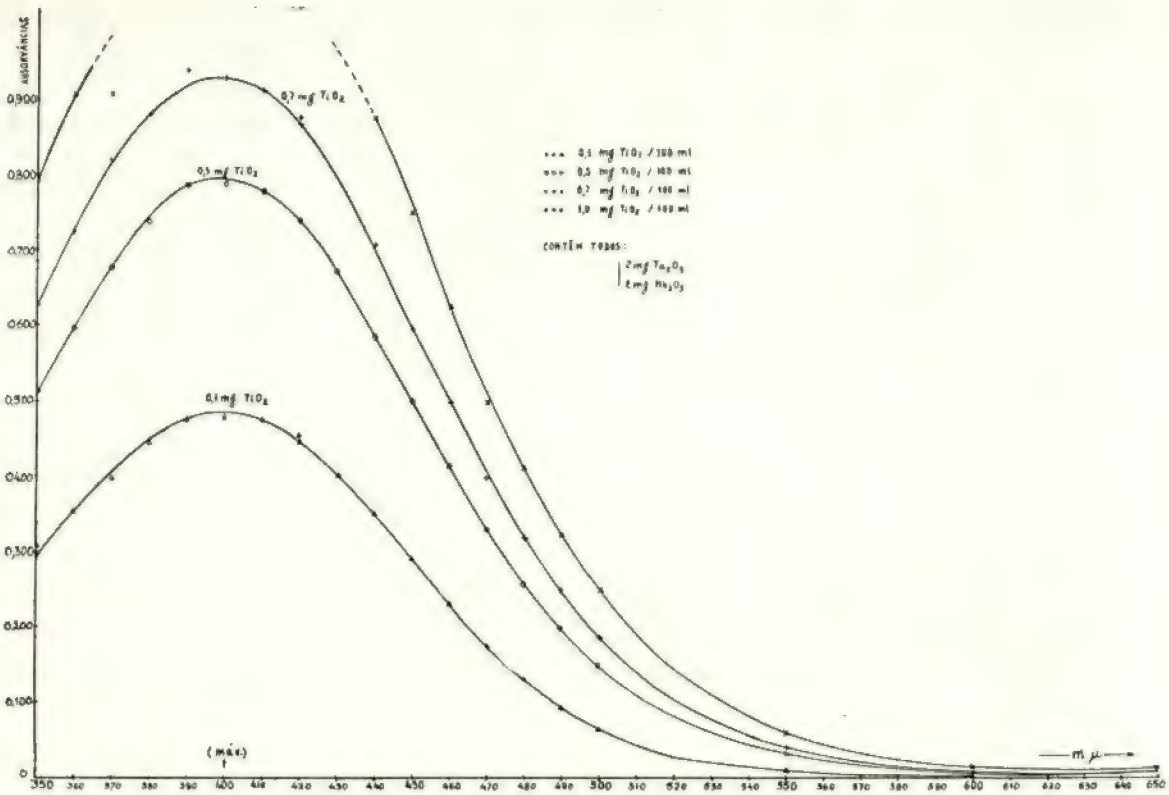
$$A^{Nb}_{420\,m\mu} = 0{,}105$$

c) As absorvâncias para os complexos citados em a) são aditivas como pode depreender-se dos valores constantes dos quadros seguintes:

QUADRO I

volume de cada toma — 100 ml
2 mg de Ta_2O_5 e 2 mg de Nb_2O_5

mg de TiO_2	0,1	0,5	0,7	1,0
$\frac{\text{mg de } TiO_2}{\text{mg de } Ta_2O_5} \times 100$	5 %	25 %	35 %	50 %
A 420 mμ Ta — Nb — Ti	0,450	0,739	0,868	1,070
A 420 mμ Ta — Nb	0,385	0,385	0,385	0,385
A 420 mμ Ti calculada	0,065	0,354	0,483	0,685
A 420 mμ Ti observada	0,059	0,350	0,481	0,716
Desvio	+ 0,009	+ 0,004	+ 0,002	— 0,026



Espectro de absorção de Ti + Ta + Nb com pirogalhol

Fig. 5

QUADRO II

volume de cada toma — 100 ml
1 mg de Ta_2O_5 e 1 mg de Nb_2O_5

mg de TiO_2	0,2	0,4	0,6
$\frac{\text{mg de } TiO_2}{\text{mg de } Ta_2O_5} \times 100$	20 %	40 %	60 %
Ti calculada A_{420} observada	0,126 0,130	0,256 0,263	0,403 0,395
Desvio	— 0,004	— 0,007	+ 0,008

Tomando a média aritmética dos desvios observados como o valor médio dos desvios, temos:

$$\bar{\delta} = \text{desvio médio} = \frac{\Sigma\,\delta}{n} = 0{,}007 \quad \text{(absorvância)}$$

Quere dizer, supondo aditivas as absorvâncias dos complexos de *Ta* e *Ti* (a influência do complexo de *Nb* é desprezável, como se vê das Figs. 4 e 6), o desvio calculado corresponde ao erro que se comete na determinação do teor de tântalo na mistura, subtraindo da absorvância total a correspondente ao titânio:

Assim, a um desvio na absorvância igual a 0,007 corresponde o peso de 0,006 mg de Ta_2O_5, como pode deduzir-se da Fig. 1; então o erro relativo da leitura no espectrofotómetro será:

$$\varepsilon = \frac{0{,}006}{q} \times 100$$

sendo *q* a quantidade de tântalo, expresso em mg de Ta_2O_5, existente na toma.

Em relação às quantidades indicadas nos quadros anteriores, os erros cometidos seriam:

$$\varepsilon_2 = \frac{0{,}006}{2} \times 100 = 0{,}3\ \%$$

$$\varepsilon_1 = \frac{0{,}006}{1} \times 100 = 0{,}6\ \%$$

Dum modo geral, para quantidades de Ta_2O_5 não inferiores a 0,5 mg o erro observado é inferior a 1 %.

C — Determinação do Ta em presença do Ti:

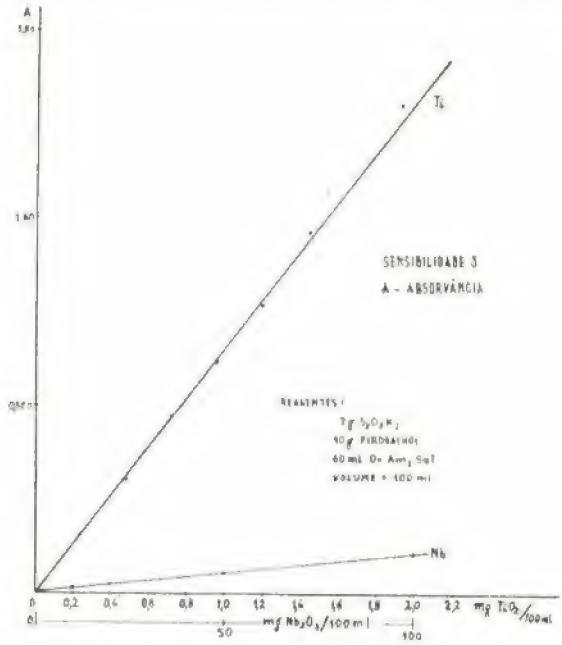
Admitindo a aditividade das absorvâncias, o que, como se viu, não conduz a erros excessivos, temos:

$$A_{total} = A_{Ta} - A_{Ti} - A_{Nb} \qquad (1)$$

representando *A* absorvâncias relativas, isto é, lidas em relação a uma solução «base» contendo todos os reagentes menos os elementos considerados. Como já dissémos, A_{Nb} é desprezável, (*) podendo então escrever:

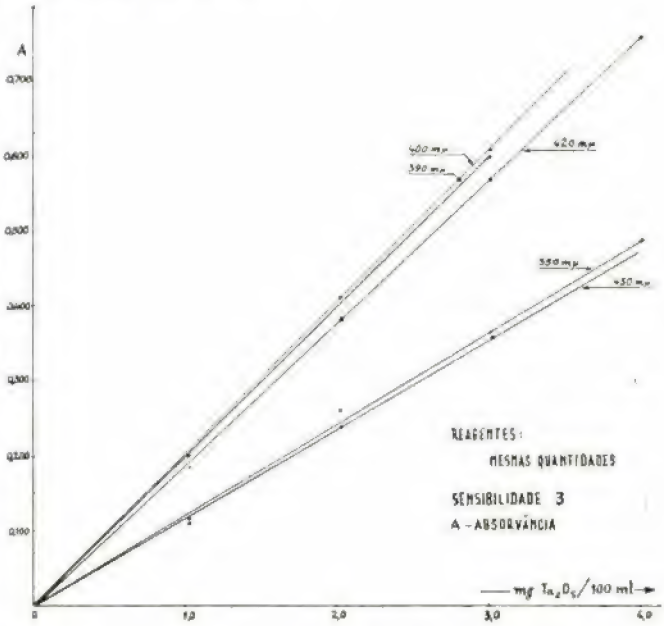
$$A_{Ta} = A_{total} - A_{Ti} \qquad (2)$$

Vemos portanto que, para determinar o tântalo presente, é preciso conhecer o teor de titânio na toma, assim como é preciso construir uma curva de absorção do complexo Ti — pirogalhol. A determinação do *Ti* na mistura de óxidos totais não traz dificuldades, porquanto se conhece um excelente método colorimétrico em que nem o *Ta* nem o *Nb* interferem — o da água oxigenada em meio sulfúrico. A curva de absorção referida está representada na Fig. 6, para 420 mμ. O comprimento de onda escolhido corresponde ao valor proposto por Norwitz (5), cujo trabalho serviu de base ao presente artigo.



Curvas analíticas *Ti* - pirogalhol e Nb - pirogalhol
λ — 420 mμ
Fig. 6

O exame da Fig. 3 mostra, porém, que os espectros por nós obtidos, não são diferentes dos apresentados pelo citado autor, de modo que poderíamos continuar a ler naquele comprimento de onda; manda porém a boa técnica espectrofotométrica que se escolha para comprimento de onda o que corresponde ao máximo de absorção, neste caso 400 mμ. As novas curvas de absorção constam das Figs. 7 e 8.



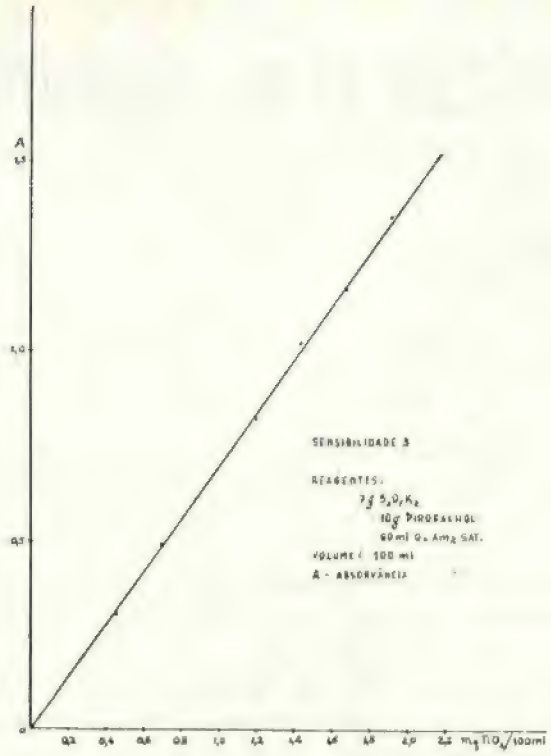
Curvas analíticas do complexo Ta - pirogalhol contendo Nb na proporção em óxidos de 1 : 1, para diversos comprimentos de onda
Fig. 7

Não obstante, mantivemos, no procedimento a seguir descrito, as quantidades de reagentes propostas por aquele autor.

C — Procedimento

Pega-se 0,1000 g de óxidos totais que se fundem com 5 g de pirosulfato de potássio em cadinho de sílica. Extrai-se a massa fundida com 60 ml duma solução saturada de oxalato de amónio e passa-se a solução obtida para um balão graduado de 100 ml, preenchendo o volume com água destilada. Medem-se com uma pipeta 5 ml desta solução para dentro doutro balão graduado de 100 ml juntando-se-lhe uma solução de 7 g de pirosulfato e 10 g de pirogalhol em 60 ml de oxalato de amónio saturado; perfaz-se o volume com água destilada. Mede-se a absorvância da mistura (A_{total}) para 400 mμ.

(*) *Nota:* De acordo com um estudo feito pelo Dr. Guedes de Carvalho, a absorvância devida ao nióbio é muito pequena e, para o nosso caso, insignificante, como pode ver-se também nas figuras indicadas.



Curva de absorção *Ti* - pirogalhol $\lambda = 400$ mμ

Fig. 8

Faz-se outra toma de 5 ml para dentro dum balão de 100 ml, ao qual se adiciona 10 ml de SO_4H_2 1 : 1, 10 ml de O_2H_2 a 10 volumes (3 %) e 40 ml de solução saturada de $C_2O_4Am_2$; perfaz-se o volume com água destilada. Lê-se a absorvância no mesmo espectrofotómetro a 435 mμ. Da Fig. 9 (*) deduz-se a quantidade de titânio, expressa em mg de TiO_2, que aplicada à Fig. 8 dá a absorvância do complexo Ti — pirogalhol (A_{Ti}).

A absorvância do complexo Ta — pirogalhol calcula-se muito simplesmente da expressão (2); marcando o valor obtido, A_{Ta}, na Fig. 7 deduz-se a quantidade de tântalo, expressa em mg de de Ta_2O_5, existente nos 5 ml da toma. Designando esta quantidade por *t*, por *p* o peso total dos óxidos totais presentes em *P mg* do minério analisado, a percentagem de Ta_2O_5 neste é dada pela expressão:

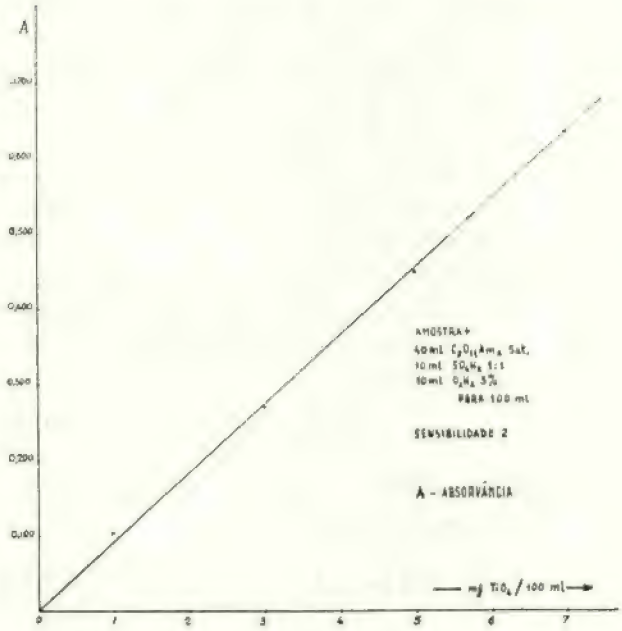
$$\% \; Ta_2O_5 = \frac{20 \times t \times \frac{p}{100} \times 100}{P}$$

(*) Curva obtida pelo Sr. Eduardo Reis, do Laboratório de Análises, Instituto Superior Técnico, e reproduzido com permissão do respectivo Director, Prof. Herculano de Carvalho.

ou

$$\% \; Ta_2O_5 = \frac{20 \times t \times p}{P} \qquad (3)$$

O método delineado tem a vantagem de evitar a separação entre *Ti* e *Ta* sempre fastidiosamente demorada e é recomendável para análises expeditas de tantalites e columbites ou de outros minérios contendo *Ta* e *Ti*.



Curva analítica do complexo *Ti* — O_2H_2
Espectrofometro Beckmadn - B — $\lambda = 435$ mμ

Fig. 9

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Química dos Centros dos Estudos da Energia Nuclear, a cujo Director, o Ex.mo Sr. Prof. Herculano de Carvalho, agradecemos reconhecidamente a orientação e os conselhos dados bem como todas as facilidades concedidas para a sua efectivação.

BIBLIOGRAFIA

(1) N. F. Krivoshlikov e M. S. Platonov — Zhur. Priklad. Khim., 1937, *10*, 184.
(2) R. A. Mercer e R. A. Wells — «Scientific report CRL./AE111», Nov. 1953, Chem. Research Lab, Teddington, Middlesex, England.
(3) J. I. Dinnin — Anal. Chem. 1953, *25*, 1803.
(4) F. C. Palilla, N. Adler e C. F. Hiskey — Ibidem, 926.
(5) G. Norwitz, M. Codell e J. J. Mikula — Anal. Chim. Acta, 1954, *11*, 173.
(6) E. C. Hunt e R. A. Wells — Analyst, 1954, *79*, 345.

C. D. U. 629.127.011.1.001.2

Cálculo da estrutura do casco resistente de um submersível

POR ANTÓNIO AFONSO DE SOUSA RIBEIRO CAZAES
Eng.º Construtor Naval e Mecânico

(Conclusão)

II — Determinações de z e dos elementos estruturais

Das três condições arbitrárias que o problema consente, duas foram já empregadas para obtermos a relação (C); a terceira deverá definir o valor da variável Z que devemos introduzir na (C) e nas expressões de *s* e *l* e resolver, portanto, completamente o problema.

Como é óbvio, a condição a impor é que o *peso da estrutura*, seja o mais pequeno possível, compatìvelmente com os dados do projecto.

Demonstra-se fàcilmente que o peso da estrutura (envólucro e balizas) referido ao deslocamento se pode considerar proporcional ao valor dado pela expressão

$$\pi = \frac{s}{R} + \frac{F}{Rl} \qquad (39)$$

ou seja, em virtude da (I) e da (II) e para $K'_s = 3/4\ K_s$, proporcional a:

$$\pi = \frac{s}{R}\left[1 + f(m_1 Z)\right] = \frac{3,4}{3} \cdot \frac{X_s\, p}{K_s} \cdot C_1(z) \cdot \left[1 + f(m_1 Z)\right] \qquad (40)$$

ou melhor ainda, aos valores da função

$$C_1(z)\left[1 + f(m_1 Z)\right]$$

Para os diversos valores de m_1 esta expressão é representada gràficamente por uma família de curvas $m_1 = \text{cost}$ que admitem um mínimo absoluto para $Z \simeq 1$ e um segundo mínimo para valores de Z. Ambos estes mínimos estão fora do campo útil do nosso problema e devemos contentar-nos de adoptar para Z o valor ao qual — dentro do campo determinado pelas limitações impostas a *l* e, portanto, a m_1 — corresponde o menor valor da relação $x = \frac{\pi}{\pi\ \text{min.}}$ satisfazendo a (C).

A limitação do campo útil faz-se com a (24) que fornece:

$$m_1 = \frac{b}{R}\sqrt{\frac{K'_s}{X_s\, p}} \cdot \sqrt{\frac{3}{3,4}} \cdot \frac{1,285}{Z\sqrt{C(z)}} = M.\mu(z) \qquad (41)$$

tendo-se posto

$$M = \frac{b}{R}\sqrt{\frac{K'_s}{X_s\, p}} \qquad \mu(z) = \frac{\sqrt{\frac{3}{3,4}} \cdot 1,285}{Z\sqrt{C_1(z)}} \qquad (42)$$

Em base aos valores limites de projecto *l'* e *l''* e aos valares previstos de *b* se calculam os valores limites $\frac{m'_1}{M}$ e $\frac{m''_1}{M}$ que por intermédio da (41) definem os valores limites Z', Z''. Isto faz-se, naturalmente, mediante a representação tabular ou gráfica da função μ (z).

Sempre a título de exemplo, também esta função é representada tabularmente nas tabelas juntas, para valores de Z de 0,6 a 6 e gràficamente na tábua I para Z de 1 a 6.

Nesta mesma tábua e para valores de m_1 de 0,10 a 0,20 está também representada a família de curvas que dão o *aumento em percentagem de peso em relação ao mínimo absoluto*, em função de Z e de m_1, isto é, a representação gráfica da função:

$$\delta\pi = \frac{\pi - \pi\ \text{min.}}{\pi\ \text{min.}}$$

normalmente estas curvas são traçadas num gráfico à parte, mas nós consideramos conveniente desenhá-las na mesma tábua das curvas (C) e de $\mu_{(z)}$ para tornar mais cómoda a compreensão dos exemplos de aplicação que representamos no capítulo III.

Na tabela IV é representada a função:

$$C_1(z)\left[1 + f(m_1 Z)\right] = \frac{3}{3,4}\ \frac{K_s}{X_s\, p}\ \pi$$

para valores de Z de 0,6 a 6 e de m_1 de 0,10 a 0,2,0 juntamente com os correspondentes valores da função $\delta\pi$.

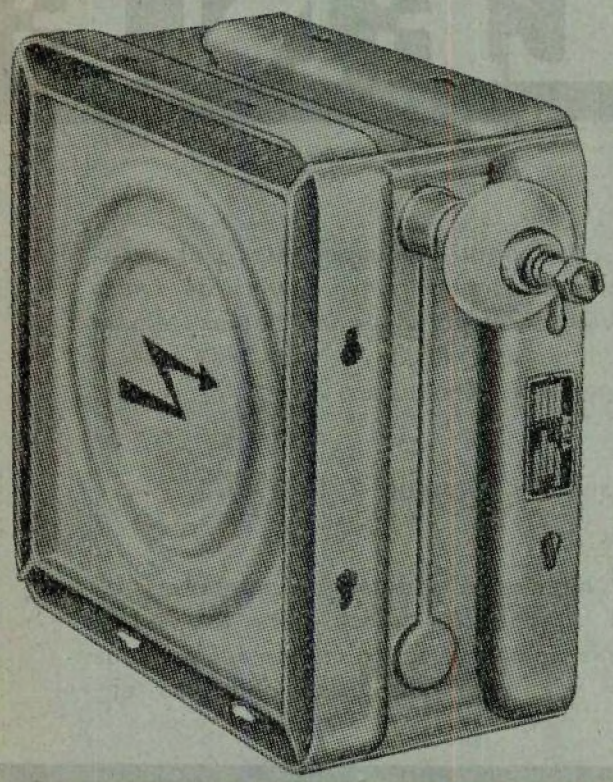
* * *

Podemos agora passar à determinação de Z e resolver portanto o problema.

Os elementos fundamentais de projecto são:

$$R,\ p,\ K_s,\ X_s$$

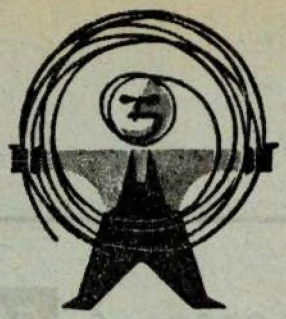
Compense o FACTOR de POTENCIA
com CONDENSADORES



ASEA

Confie os seus problemas de compensação à nossa
SECÇÃO TÉCNICA

JAYME DA COSTA, L.DA



UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

e ainda o intervalo da ossatura l_1 ou a cantoneira das balizas, isto é, b, λ_1, λ_2. Em todo o caso existirá sempre um mínimo para l_1, como anteriormente já foi explicado.

O problema será de determinar a *estrutura de mínimo peso*, em relação aos dados de projecto.

Para tal fim — como já tínhamos dito — consideramos X_s como um valor mínimo e procuraremos realizar a condição $X_s^I = X_s^{III} = X_s^{IV}$ com X_s^I o mais próximo possível de X_s.

Se além destes elementos fundamentais for dado l_1, proceder-se-á doutro modo:

1 — Uma vez estabelecido o tipo de cantoneira e o valor já previsto para b calculamos:

$$m = \frac{b}{l_1} \quad \text{e portanto:} \quad m_1 = \frac{m}{1-m}$$

2 — Calculamos seguidamente, a constante:

$$M_o = \left(\frac{b}{R}\right)\sqrt{\frac{K'_s}{X_s\, p}}$$

e da relação $\frac{m_1}{M_o}$ determinamos mediante a curva $\mu_{(z)}$ o valor relativo Z_o de Z.

3 — Agora, teremos ainda a calcular a constante:

$$N_o = \frac{X_s\, p}{K_s} \cdot \left(\frac{R}{R_o}\right)^2$$

e sobre o gráfico das curvas (C) deveremos traçar a abcissa relativa a tal constante e a ordenada relativa ao valor encontrado Z_o. Será possível assim determinar o N_1 correspondente ao ponto B de intercepção de tal ordenada com a primeira curva (C) acima recta N_o (Fig. 3) e os valores de ΔN, ΔZ, $\Delta_1 Z$ (este último relativo ao valor $\mu_{(z)}$ correspondente ao valor N_1).

Obter-se-ão os valores definitivos Z e N correspondentes à condição $X_s^I = X_s^{III} = X_s^{IV}$ mediante uma interpolação linear, que — tendo em conta que é $\frac{M}{M_o} = \sqrt{\frac{N_o}{N}}$ e que m_1 é constante — conduz sem dificuldade às relações:

$$\frac{N}{N_o} = \frac{X_s^I}{X_s} = 1 + \frac{\Delta N}{N_o}(1-\alpha)$$
$$Z = Z_o - \delta Z = Z_o - \alpha \Delta Z \qquad (43)$$

onde:

$$N_1 = N_o + \Delta N; \; \alpha = \frac{\Delta_1 Z}{\Delta Z + \Delta_1 Z}$$

e os incrementos ΔN, ΔZ vão tomados em valor absoluto.

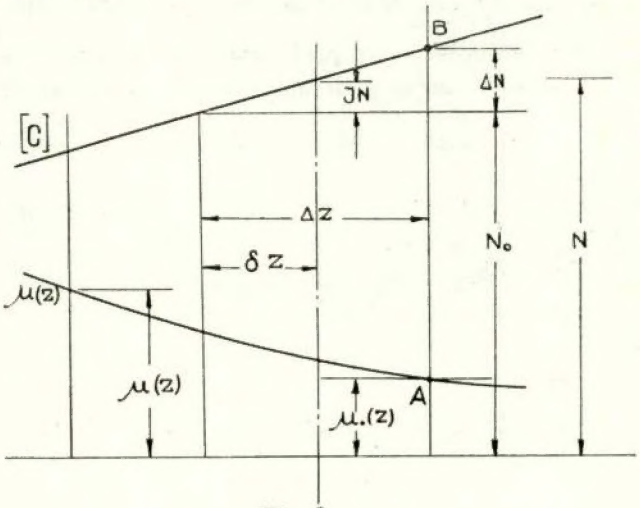


Fig. 3

4 — Obteremos F do Manual das Cantoneiras que adoptámos e podemos calcular l_1 e s mediante as fórmulas:

$$l_1 = b \cdot \frac{1+m_1}{m_1}; \quad s = \frac{3{,}4}{3} \cdot \left(\frac{R_o}{R}\right)^2 \cdot NRC_1(z) \qquad (44)$$

onde N é a constante de 3) e R_o é uma potência de 10 que depende das unidades de medida que adoptamos.

5 — Determinamos finalmente o *incremento em percentagem de peso* traçando sobre a Tabela I a curva $\delta\pi$ passante pelo ponto (Z, m_1).

Se porventura fosse dada a cantoneira, operar-se-ia do mesmo modo, tomando para l_1 a distância mínima.

III — Exemplos de aplicação do método gráfico completo (1)

Exemplo n.º 1

Deseja-se proporcionar — mediante o cálculo da resistência transversal — a estrutura de uma

(1) Os exemplos que apresentamos e que mais evidenciam a precisão, rapidez e excelência do método, referem-se a submarinos construidos em Itália antes do segundo Conflito Mundial.

zona do casco resistente de um submarino, para o qual são dados os seguintes elementos:

— Raio externo. . . . . $R = 2735$ mm
— Profundidade máxima. . . . $H = 100$ m
— Grau de segurança. . . . . $X_s = 2{,}3$
— Carga limite de elasticidade $K_s = 3200$ kg/cm²

Examinaremos o problema considerando os três casos que se poderão apresentar na prática:

1.º — É dado o valor de distância livre entre balizas l_1;

2.º — São dados a espessura s e a cantoneira que constitui as balizas;

3.º — Deseja-se obter para X_s o valor dado como elemento de projecto.

1.º caso:

O valor dado à distância entre balizas foi:

$$l_1 = 630 \text{ mm}$$

Pois que no Manual das cantoneiras que adaptámos escolhemos, numa primeira análise [1], aquelas com o braço $b = 75$ milímetros, teremos:

$$m = \frac{b}{l_1} = \frac{75}{630} = 0{,}119$$

$$m_1 = \frac{m}{1-m} = 0{,}135$$

$$M_0 = \left(\frac{K_s}{X_s\, p}\right)^{1/2} \cdot \frac{b}{R} = \frac{75}{2735} \cdot \left(\frac{3200}{2{,}3\ .\ 10}\right)^{1/2} = 0{,}324$$

$$\mu_0\,(z) = \frac{m_1}{M_0} = 0{,}417$$

$$N_o = \lambda_o\,(z) = \frac{X_s\ .\ p}{K_s} \cdot \left(\frac{R}{R_o}\right)^2 = 0{,}05365$$

Podemos agora entrar no diagrama com o valor μ_o (z) e obter:

$Z_o = 3{,}120$ $\qquad$ $N_1 = 0{,}0609$
$\Delta Z = 0{,}592$ $\qquad$ $\Delta N = 0{,}00725$

Portanto:

$$M_1 = M_o \cdot \left(\frac{N_o}{N_1}\right)^{1/2} = 0{,}304$$

$$\mu_1\,(z) = \frac{m_1}{M_1} = 0{,}444$$

$$\Delta_1 Z = Z_o - Z_1 = 0{,}17$$

$$\alpha = \frac{\Delta_1 Z}{\Delta Z + \Delta_1 Z} = 0{,}223$$

$$Z = Z_o - \alpha\,\Delta Z = 2{,}988 \qquad N = 0{,}0595$$

$$X_s^I = X_s \cdot \frac{N}{N_o} = 2{,}55$$

Em face dos valores obtidos e da análise do nosso diagrama escolhemos a cantoneira a bolbo ⌐ 200 × 75 × 12.

A espessura do invólucro será:

$$s = \frac{3{,}4}{3} \cdot \left(\frac{R_o}{R}\right)^2 \cdot NRC_1\,(z) = 21 \text{ mm.}$$

sendo C_1 (z) = 0,85 lido sobre o outro diagrama.

A *percentagem de peso a mais*, relativamente ao valor $X_s^I = 2{,}55$, resulta:

$$\delta\,\pi = 12{,}8\ \%$$

2.º Caso

Suponhamos agora que queremos partir de espessura $s = 20$ mm.

Neste caso, da expressão que dá a espessura obteremos:

$$N\ .\ C_1\,(z) = \frac{3}{3{,}4} \cdot \frac{s}{R} \left(\frac{R}{R_o}\right)^2$$

que representa uma hipérbole, cuja constante será:

$$K = \frac{3}{3{,}4} \cdot \frac{s}{R} \left(\frac{R}{R_o}\right)^2$$

que para os valores do projecto será:

$$K = 0{,}04825$$

Podemos agora traçar a curva de N em função de Z por intermédio da conhecida função C_1 (z). As soluções serão dadas pelos pontos de encontro desta curva com as características das

(1) De um simples exame dos valores obtidos nos Manuais, teríamos verificado que para cada valor de b corresponderia uma família de curvas π (z), (V. Tab. V) abrangendo zonas diversas do dlagrama e foi essa a razão porque escolhemos aquela de b = 75 mm., nada obstando, porém, que tivessemos traçado qualquer outra. A título de esclarecimento desejamos fazer notar que é esta uma das vantagens deste nosso método pois permite trabalhar com todo e qualquer Manual de Cantoneiras, sejam estas de que tipo forem.